

Joel Rantala

Magneettijauhetaarkastuspenkki

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Joel Rantala

Työn nimi: Magneettijauhetarkastuspenkki

Ohjaaja: Markku Kärkkäinen

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 34

Liitteiden lukumäärä:13

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella magneettijauhetarkastuspenkki, joka nopeuttaa kappaleiden magneettijauhetarkastusta. Magneettijauhetarkastusta käytetään ferromagneettisten aineiden pinnassa ja pinnan läheisyydessä olevien vikojen, kuten säröjen havaitsemiseen.

Opinnäytetyö tehtiin Insinööritoimisto Laatutesti Ky:lle. Tarkastukset on suoritettu penkissä, joka sijaitsee asiakkaan tiloissa. Yritys halusi myös omiin tiloihinsa penkin, joka on mitoitettu toiveiden mukaan. Opinnäytetyössä suunniteltiin penkki, johon kappale kiinnitetään sylinterillä, magnetisoidaan ja sitä pyöritetään sähkömoottorilla. Kappaleen pinnalle suihkutetaan fluoresoiva magneettijauhe ja tämän jälkeen tarkastaja tarkistaa sen UV-valossa.

Opinnäytetyössä käydään läpi suunnittelun vaiheet, sekä selvitetään magneettijauhetarkastuksen liittyvä teoria ja standardit.

3D-suunnittelu toteutettiin Autodesk Inventor -ohjelmalla. Sähköpiirustukset suunniteltiin AutoCAD-ohjelmalla, ja pneumatiikkapiirustukset Multisim-ohjelmalla. Materiaalit valittiin myyjän luettelosta.

Avainsanat: magneettijauhetarkastus, magneettisuus, suunnittelu, 3D-suunnittelu, pintatarkastus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: Seinäjoki University of Applied Sciences

Degree programme: Automation technology

Specialisation: Machine Automation

Author: Joel Rantala

Title of thesis: Stationary magnetic crack detection unit

Supervisor: Markku Kärkkäinen

Year:2012

Number of pages:34

Number of appendices:13

The purpose of this study was to design a stationary magnetic crack detection unit, which is used for non-destructive testing of iron and steel parts. This specific product helps in locating all defects and the cracks as they can be magnetized. It helps in detecting the defects such as fatigue cracks, heat cracks, grinding checks, forging laps, shrinks and tears in casting. It also detects the improper welds and inherent defects in metal such as seams and inclusions and also the cracks which occur due to the over stressing of parts. When dealing with a large amount of items stationary magnetic crack detection unit speeds up the inspection.

This study was made for Insinööritoimisto Laatutesti Ky. Inspections were carried out on a bench, which is located in the customer's premises. The company also wanted a bench for their own premises, which would be designed according to their wishes. The purpose was to design a bench where the part is fastened with a cylinder. After the fastening, the part is magnetized and it's rotated using an electric motor. At the final step fluorescent liquid suspension of fine iron particles is applied to the part and the inspector reviews the part in UV light.

The design was made with Autodesk Inventor 3D mechanical design software. Wiring diagrams were made with AutoCAD designing software. Pneumatics was designed with Multisim software.

Keywords: magnetic crack detection, 3D-designing, magnetizing

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
1 JOHDANTO	6
2 YRITYSESITTELY	7
3 NDT-TARKASTUS.....	8
4 MAGNEETTIJAUHETARKASTUS	10
4.1 Tarkoitus ja sovellusala	10
4.2 Vuotokenttä	10
4.3 Magnetointi sähkövirran avulla.....	11
4.4 Virtalajit	14
4.5 Tarkastusaine.....	17
4.6 UV-valaistus	18
4.7 Suora virtamagnetointi	18
4.8 Standardit.....	19
5 TILAAJAN ASETTAMAT RAKENNE- JA TOIMINTAVAATIMUKSET	21
6 SUUNNITTELU	22
6.1 Materiaalin valinta	22
6.2 Toimilaitteiden valinta.....	23
6.3 3D-suunnittelu ja valmistuspiirustukset	24
6.4 Pinnankarheus	26
6.5 Hitsaus	26
7 PENKIN TOIMINTA.....	28
8 TULOKSET	29
9 POHDINTA	30
LÄHTEET	32
LIITTEET	34

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Vuotokenttä.....	11
Kuva 2. Jäännösmagnetismi.....	12
Kuva 3. Jäännösmagnetismi.....	13
Kuva 4. Koersitiivinen kenttävoimakkuus.....	14
Kuva 5. Vaihtovirta.....	15
Kuva 6. Puoliaaltosuunnattu 1-vaihevaihtovirta	15
Kuva 7. Kokoaaltosuunnattu	16
Kuva 8. U-profiiliteräs.....	23
Kuva 9. Pienahitsausseura	27
Kuva 10. V-hitsausseura	27

1 JOHDANTO

Magneettijauhetarkastus on rikkomaton aineenkoetus, jota käytetään teollisuudessa ferromagneettisten aineiden tarkastukseen. Menetelmällä havaitaan materiaalin pintavirheet sekä hitsausseaman virheet, kuten huokokset, halkeamat, säröt ja liitosvirheet. Insinööritoimisto Laatutesti Ky antoi tehtäväksi suunnitella magneettijauhetarkastuspenkin. Penkissä tarkistetaan erilaisia kappaleita, kuten koneenosia, ruuveja, vaarvoja ja muttereita.

Tavoitteena oli suunnitella toimiva laite teräsosien magneettijauhetarkastukseen. Penkin avulla oli tarkoitus nopeuttaa ja helpottaa tarkastusta. Koska pöydän äärellä työskennellään pitkiä aikoja, haluttiin siitä suunnitella mahdollisimman ergonominen. Työhön kuului sopivien toimilaitteiden ja materiaalien valinta. Työn pääpainona oli laitteen mekaaninen suunnittelu, mutta penkille tehdään myös sähkö- ja pneumatiikkapiirustukset.

Luvussa kaksi esitellään yritys, jonka tilauksesta työ tehtiin. Luvussa kolme kerrotaan yleisimmistä NDT-tarkastusmenetelmistä. Luvussa neljä selitetään kuinka magneettijauhetarkastus toimii ja mitä standardeja siihen liittyy. Luvussa viisi käydään läpi tilaajan asettamat ehdot penkin toiminnalle ja rakenteelle. Luvussa kuusi kerrotaan kuinka itse penkin suunnittelu eteni ja mitkä toimilaitteet ja materiaalit valittiin. Luvussa seitsemän esitetään miten valmis penkki tulee toimimaan. Luvussa kahdeksan esitetään mitä on saatu aikaan ja miten työ hyödyttää tilaajaa. Luvussa yhdeksän pohditaan lähteiden käyttöä, miten penkkiä voitaisiin kehittää ja mitä voitaisiin tutkia lisää.

2 YRITYSESITTELY

Insinööritoimisto Laatutesti Ky on Turvatekniikan keskuksen ja Säteilyturvakeskuksen hyväksymä, sekä FINAS-akkreditointipalvelun päteväksi toteama, itsenäisesti toimiva rikkomattoman aineenkoetuksen testauslaitos T227. Yritys tarjoaa palveluitaan konepaja-, lämpö- ja voimalaitos sekä prosessiteollisuuden tarpeisiin. Insinööritoimiston toimistotilat sijaitsevat Seinäjoella. Yritys perustettiin vuonna 1992, ja tällä hetkellä se työllistää viisi tarkastajaa. Toimistolla käsitellään mm. hitsausnäytteitä sekä asiakkaiden esivalmistekappaleita ja suoritetaan työhön liittyvä kirjallinen raportointi ja dokumentaatio. Pääasiallinen tarkastustyön tekopaikka on kuitenkin asiakkaiden luona sekä erilaisilla projektityömailla Suomessa ja ulkomailla. (Insinööritoimisto Laatutesti Ky 2012.)

Yrityksen toimintaan kuuluvat yleisimmät NDT-menetelmät, joita ovat röntgenkuvaus, ultraäänitarkastus, magneettijauhe- sekä tunkeumanestetarkastukset sekä rikkovista testauksista taivutus- ja murtokokeet. Nopeiden tulosten varmistamiseksi esimerkiksi kiireisille seisakkityömaille on varattu kaksi kappaletta mukana kuljettavia röntgen-kehityskoneita. Tarpeen vaatiessa asiakkaan luokse voidaan rakentaa niin kutsuttu työmaalaboratorio. Tällöin pystytään kehittämään röntgenfilmit asiakkaan luona ja tulokset saadaan selville nopeammin. Lisäksi yrityksen palveluihin kuuluvat hitsaajien pätevöittämiset teräkselle, alumiinille ja muille metalleille standardin SFS - EN 287-1/2 mukaan. (Insinööritoimisto Laatutesti Ky 2012.)

3 NDT-TARKASTUS

Menetelmiä käytetään yleisesti teollisuudessa, vaikka harvalla kuitenkaan on tietoa niistä. NDT-tarkastuksia saa suorittaa vain pätevyity NDT-tarkastaja. NDT tarkastajan ammattiin ei valmistuta suoraan oppilaitoksesta, vaan työnantaja kouluttaa tarkastajan tehtäviinsä. Yleisimpiä NDT-tarkastusmenetelmiä ovat röntgenkuvaus, ultraäänitarkastus, magneettijauhe- ja tunkeumanestetarkastus. Ultraääni- ja radiograafinen tarkastus, jotka osittain korvaavat ja täydentävät toisiaan, ovat tällä hetkellä tärkeimmät sisäisten vikojen tarkastukseen käytettävät menetelmät. (Raj & Jayakumar 2002, 1-3.)

Ultraäänitarkastus perustuu kiinteiden materiaalien hyvään äänenjohtamiskykyyn ja ultraäänien kulkeman matkan mittaamiseen tarkastuksen kohteena olevassa aineessa. Tarkastettavan materiaalin sisäiset viat, esimerkiksi säröt heijastavat hyvin ääntä takaisin. Ultraäänilaitteesta lähtee sähköinen impulssi, joka muuttuu äänivärähtelyksi luotaimen piezosähköisessä kiteessä. Vastaavasti epäjatkuvuudesta heijastuva värähtely muuttuu kiteen piezosähköisyyden ansiosta sähköiseksi pulssiksi, joka on nähtävissä laitteen näytössä niin sanottuna kaikupiikkinä. Mahdollisen vian sijainti tai seinämän paksuus voidaan varsin luotettavasti arvioida. Yleisesti ottaen tarkastuskohteiksi soveltuvat kaikki kohteet, joiden materiaali on hyvin ääntä johtavaa ja tarkastettava pinta on luokse päästävissä sekä riittävän tasainen hyvän kontaktin aikaansaamiseksi. (Cartz 1995, 81-83.)

Radiografinen tarkastus tarkoittaa kaikkea ionisoivalla säteilyllä tapahtuvaa kuvausta. Säteilylähteinä käytetään joko röntgenputkea tai gammasäteilylähdettä. Tarkastettavankohteen kokonaisainepaksuus yleensä määrää kulloinkin käytettävän säteilylähteen. Tutkittavaan kappaleeseen kohdistetaan ionisoivaa säteilyä ja kohteen takana olevaan filmiin saadaan piilevä kuva, joka

kehitysprosessissa muuttuu edelleen näkyväksi kuvaksi. Ohuet ja enemmän säteilyä läpäisevät kohdat näkyvät filmillä tummina kohtina. Paksut alueet, jotka läpäisevät vähemmän säteilyä näkyvät filmillä vaaleina kohtina. Näiden tummuus- eli mustumaerojen perusteella voidaan aineen eheyttä arvioida. Radiografialla havaitaan hyvin kaikki kolmiulotteiset virheet, kuten huokokset, kuonasulkeumat ja erilaiset muotovirheet. Tasomaisten virheiden, kuten halkeamien, havaitseminen on epävarmaa, mikäli ne sijaitsevat epäedullisesti säteilyn suuntaan nähden. Radiografinen tarkastus soveltuu periaatteessa kaikille kohteille, joissa on mahdollisuus järjestää filmi ja säteilylähde vastakkaisille puolille kappaletta. Röntgentarkastuksen yksi vahvuuksista on se, että tarkastuksesta jää pysyvä todiste. Tarvittaessa filmiä voidaan tarkastella myöhemmin. (Cartz 1995, 14-19.)

Tunkeumanestetarkastus on pintatarkastusmenetelmä, jolla etsitään aineen pinnassa olevia epäjatkuvuuksia kuten säröt ja huokokset. Ennen tarkastusta on kohteen pinta puhdistettava. Tunkeumaneste levitetään tarkastettavan kappaleen pinnalle. Tunkeumaneste tunkeutuu kappaleen pintaan avautuviin epäjatkuvuuksiin. Kappaleen pinnalta pestään pois tunkeumaneste. Pesun jälkeen pinnalle levitetään valkoinen kehite. Epäjatkuvuuskohtiin jäänyt tunkeumaneste imeytyy kehitteeseen, jolloin nähdään epäjatkuvuuskohdan sijainti. Tunkeumanestetarkastus soveltuu kaikenlaisten ei-huokoisten aineiden pintaan avautuvien epäjatkuvuuksien etsintään. Yleisimpiä käyttökohteita ovat austeniittiset ja muut ei-magnetoituvat materiaalit, joihin magneettijauhetarkastus ei sovellu. (Raj & Jayakumar 2002, 12-16.)

Magneettijauhetarkastus on tämän työn kannalta tärkein alue, joten siihen tutustutaan syvällisemmin ja sitä tarkastellaan omassa luvussaan.

4 MAGNEETTIJAUHETARKASTUS

Magneettijauhetarkastus on vanha menetelmä, ensimmäisen kerran sitä on käytetty jo 1860-luvulla. Tässä kappaleessa perehdytään siihen, miten magneettikentän avulla saadaan aikaan luotettava tarkastusmenetelmä.

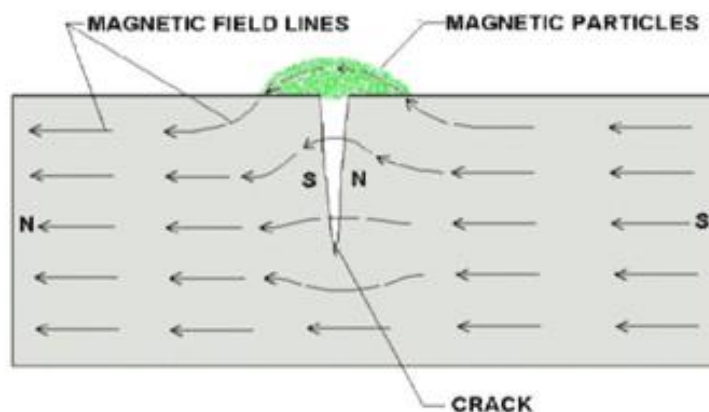
4.1 Tarkoitus ja sovellusala

NDT-tarkastus on useissa teollisuuden prosesseissa välttämätöntä. Erityisen tärkeää se on niillä alueilla, joissa on olemassa yhteiskuntaan kohdistuva turvallisuusriski. Tällaisia ovat kohteet, joihin kohdistuu suuria paineita tai voimia, kuten paineastiat, nosturit, kantavat rakenteet, laivat ja ydinvoimalat. (Suominen 2011, 6.) Magneettijauhetarkastus on vanhimpia pintatarkastusmenetelmiä. Menetelmä soveltuu ferromagneettisten aineiden pinnassa ja pinnan läheisyydessä olevien, erityisesti kapeiden epäjatkuvuuskohtien kuten säröjen havaitsemiseen. Myös säröt, jotka ovat esimerkiksi maalin ja rasvan täyttämiä, voidaan havaita. Pintatarkastusmenetelmien, joihin muun muassa magneettijauhetarkastus kuuluu, käyttökelpoisuus perustuu siihen, että rasitetun komponentin suurimmat jännitykset esiintyvät pinnassa. Kriittisten epäjatkuvuuskohtien, kuten esimerkiksi säröjen eteneminen lähtee pinnasta. Varmistamalla pinnan eheys komponentin kestävyys voidaan taata varsin pitkälle. Magneettijauhetarkastuksen vahvuuksia ovat sen herkkyys ja toimintavarmuus. Lisäksi se on nopea menetelmä verrattuna tunkeumanestetarkastukseen, joka on toinen yleisesti käytetty pintatarkastusmenetelmä. (Åström 2000, 9.)

4.2 Vuotokenttä

Magneettijauhetarkastus hyödyntää suoraviivaista fysikaalista ilmiötä eli vuotokenttien syntymistä epäjatkuvuuskohdista (kuva 1). Kun kappale magnetoidaan,

magneettiset voimaviivat jakautuvat tasaisesti kappaleen poikkipinnassa pyrkien kuitenkin pysymään kappaleen sisällä. Kun magneettivuoviivojen eteneminen estyy, kappaleen geometrian tai virheen takia, osa taipuu esteen alta ja osa läpäisee virheen. Kolmantena ilmiönä osa vuoviivoista koukkaa ilman kautta. Vuotoilmiön ansiosta epäjatkuvuuskohdan kylkeen muodostuu polariteettia ja siihen tulee pienoismagneetti. Pienoismagneetilla on vastakkainen napaisuus kappaleeseen verrattuna. Tämä paikallinen magneetti vetää puoleensa tarkastuksessa levitettäviä rautahiukkasia. Kerääntyvät rautahiukkaset muodostavat virhekohdan päälle sillan, joka voidaan visuaalisesti huomata. Indikaatio ilmaisee särön sijainnin, muodon ja osittain myös laajuuden. Vuotokenttä on voimakkain ja siten myös virhe helpoin huomata, kun virhekohta on kohtisuorassa magneettikentän suuntaa vastaan, koska silloin virhekohta häiritsee eniten voimaviivoja. Yleisesti katsotaan, että särö, joka on 45 asteen tai sitä suuremmassa kulmassa vuohon nähden indikoituu riittävän hyvin. (Åström 2000, 9.)

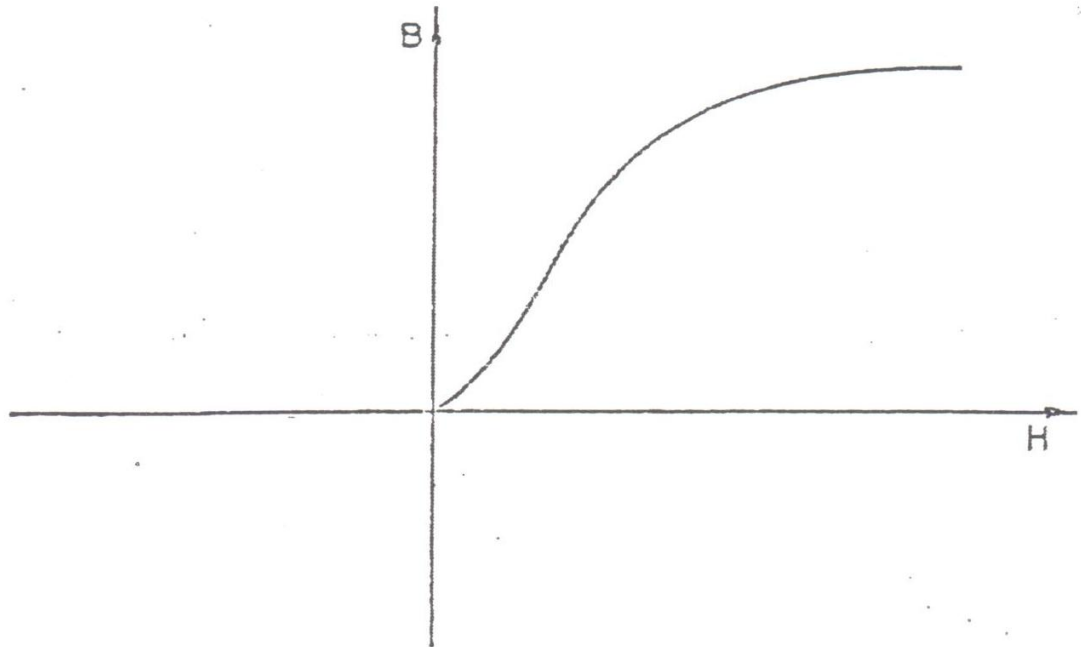


Kuva 1. Vuotokenttä (NDT Education Resource. [viitattu 15.1.2012].)

4.3 Magnetointi sähkövirran avulla

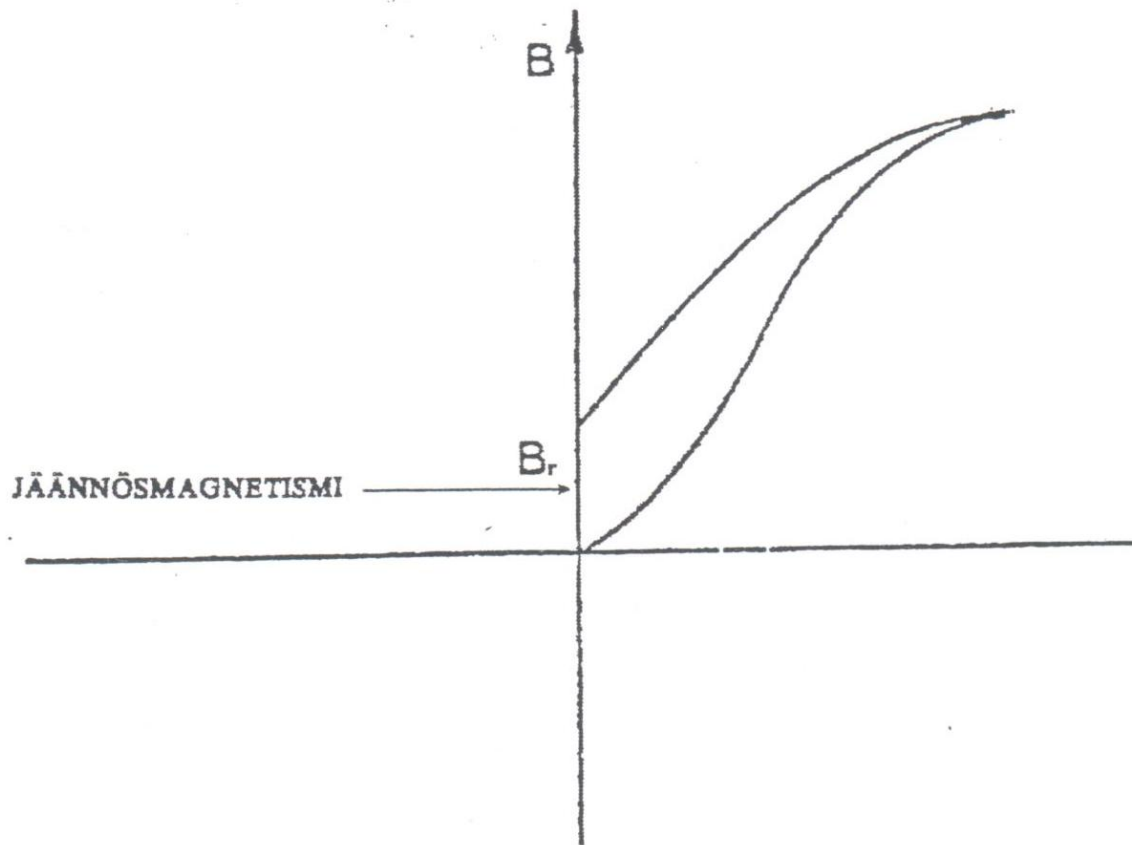
Kaikkien magneettien kenttä saadaan aikaan sähkövirran avulla. Kun magnetoimattomassa tilassa oleva ferromagneettinen materiaali altistetaan ulkoiselle magneettikentälle ensimmäisen kerran, magneettivuon tiheys kasvaa melko nopeasti magneettikentän voimakkuuden kanssa. Näiden kahden arvon suhdetta kuvataan B/h-diagramilla. B on magneettivuontiheys (Vs/m^2) ja H on kenttävoimakkuus (A/m). Nousu pysähtyy kun kappale on kyllästetty magnetismilla eli kaikki pienoismagneetit

neetit ovat magneettikentän suunnassa. Ensimmäistä magnetointia kuvataan niin sanotulla neitsytkäyrällä (kuva 2). (NDT Education Resource Center. [viitattu 15.1.2012].)



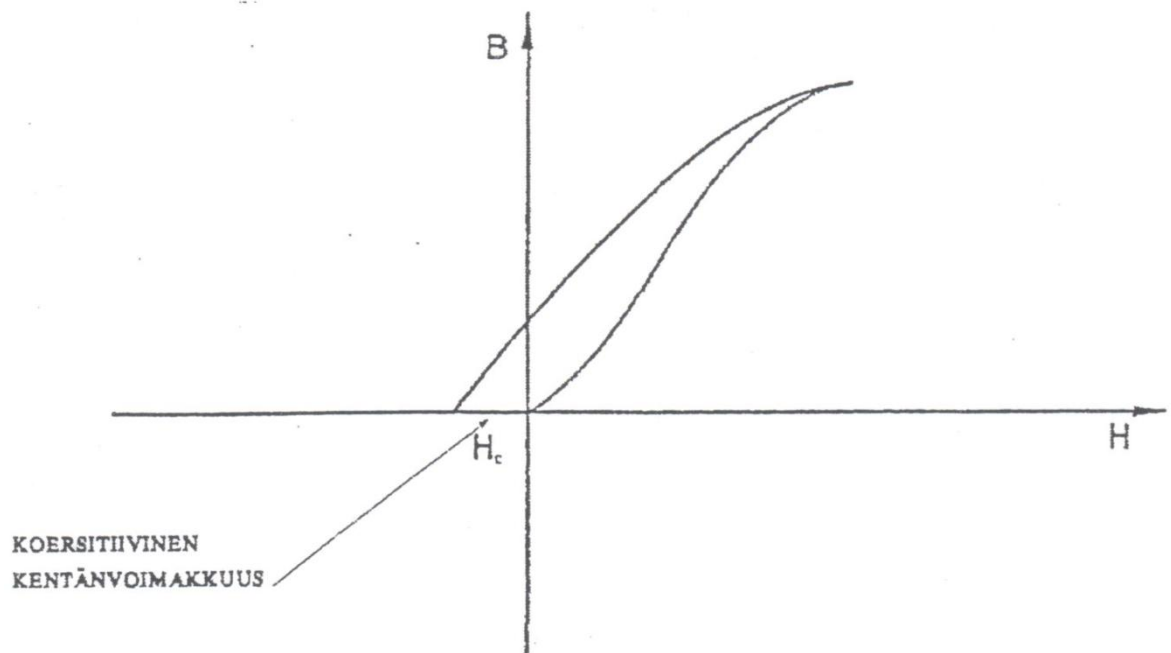
Kuva 2. Jäännösmagnetismi (Åström 2000, 13)

Kun ulkoinen magneettikenttä poistetaan aineeseen jää merkittävästi nolasta poikkeava magnetismi, jota kutsutaan jäännösmagnetismiksi tai remanenssiksi (kuva 2). Jäännösmagnetismin suuruus riippuu aineesta. Aineet, joilla on korkea permeabiliteetti, on helppo magnetoida mutta ne myös kadottavat helposti magneettisuutensa. Aineet, joilla on matala permeabiliteetti, on vaikeampi magnetoida, mutta ne säilyttävät magneettisuutensa. Tällaisia aineita magnetoidessa on magnetoinnin jälkeen odotettavissa voimakasta jäännösmagnetismia. (Frondeius 2005, 8.)



Kuva 3. Jäännösmagnetismi (Åström 2000, 14)

Demagnetoituminen on magnetoitumiselle käänteinen prosessi. Demagnetoiminen tarkoittaa magneettisuuden poistamista vastakkaissuuntaisella magneettikentällä. Tällöin, kun magneettisuus on poistunut kappaleesta, on siihen käytetty kenttävoimakkuutta, jota kutsutaan koersitiiviseksi kenttävoimakkuudeksi (kuva 3). Magneettisuus poistetaan, koska kappaleiden magneettisuus voi aiheuttaa monia ongelmia, kuten esimerkiksi liikkuvien osien kulumista, vaikeuttaa lastuavaa työstöä tai tehdä puhdistamisen mahdottomaksi. Demagnetoinnin jälkeenkin kappaleeseen jää pieni magneettisuus, koska osa sen pienoismagneeteista on edelleenkin kääntyneinä tiettyyn yhteiseen suuntaan. Jos kappale halutaan demagnetoida täydellisesti, se täytyy lämmittää Curie-lämpötilan yläpuolelle. Riippuen teräksen seostuksesta Curie-lämpötila on 700–800 °C. (Frondeius 2005,9.)

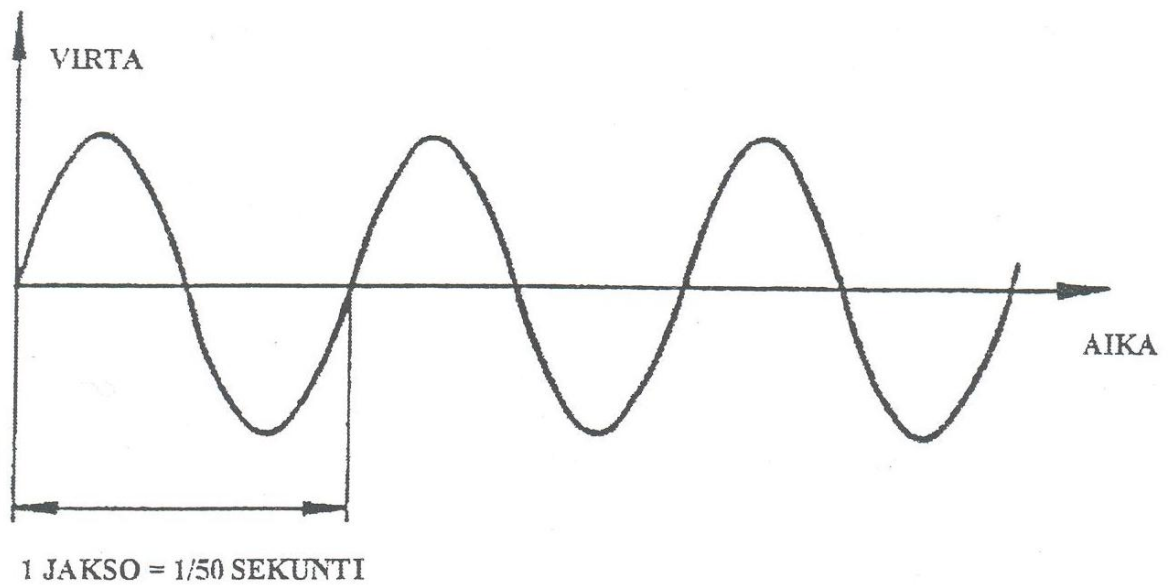


Kuva 4. Koersitiivinen kenttävoimakkuus (Åström 2000, 14)

4.4 Virtalajit

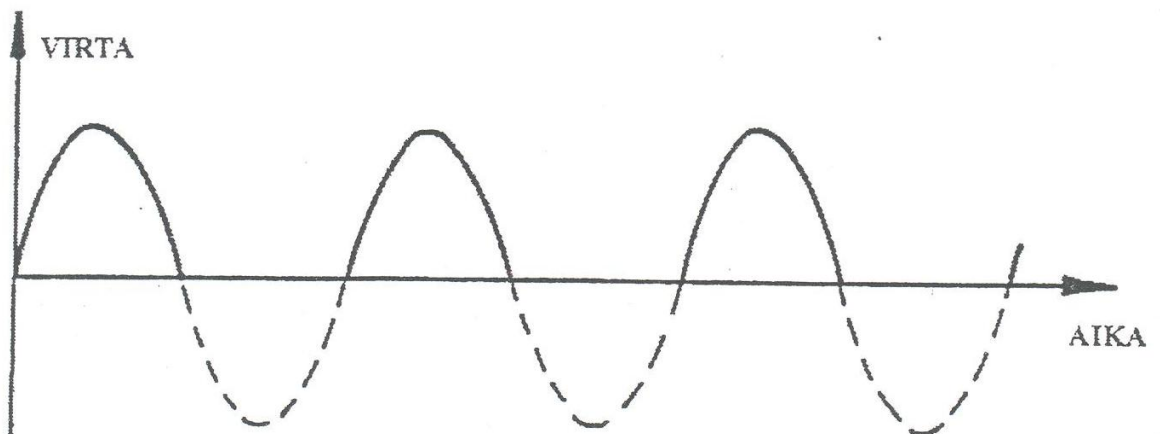
On olemassa useita eri virtalajeja, joilla voidaan muodostaa magneettikenttä: tasavirta, vaihtovirta, puoliaaltosuunnattu 1-vaihevaihtovirta, kokoaaltosuunnattu 1-vaihevaihtovirta, kokoaaltosuunnattu 3-vaihevaihtovirta sekä virtapulssi. Kentän muoto ja syvyysvaikutus riippuu virtalajista. (NDT Education Resource Center. [viitattu 15.1.2012].)

Vaihtovirrassa magneettikentän suunta muuttuu sinikäyrän mukaisesti jatkuvasti. Vaihtovirtaa yleensä käytetään magnetointiin suoraan verkosta, tällöin taajuus on 50 Hz. Vaihtovirta "ravistaa" rautahiukkasia ja helpottaa niiden liikettä, jolloin viikaindikaatioiden muodostuminen helpottuu ja nopeutuu. (NDT Education Resource Center. [viitattu 15.1.2012].)



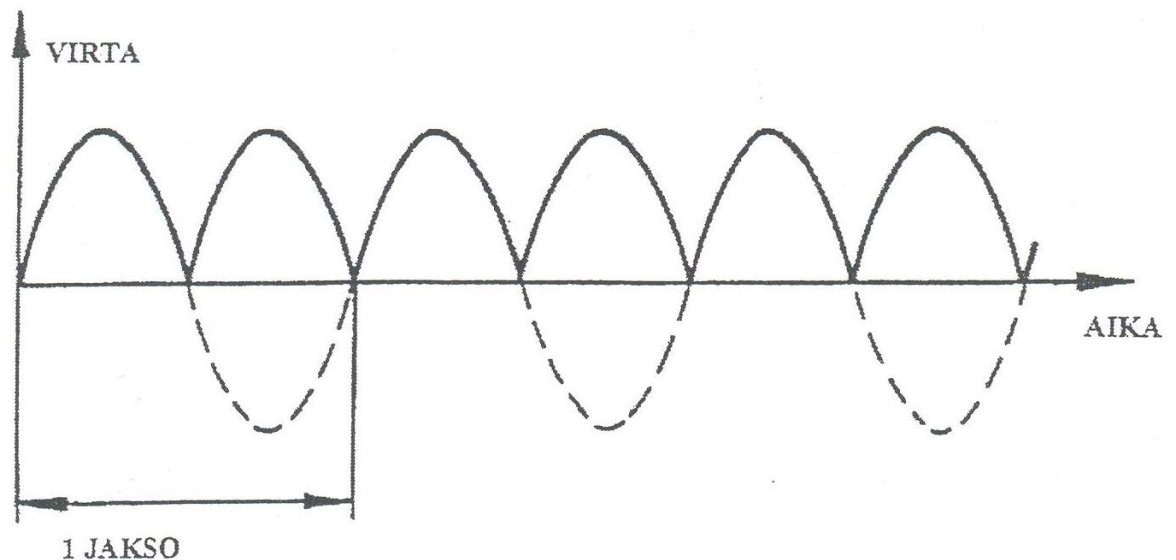
Kuva 5. Vaihtovirta (Åström 2000, 44)

Puoliaaltotasasuunnattu 1-vaihevirta saadaan aikaan leikkaamalla vaihtovirrasta toinen puolisko pois tasasuuntausyksiköllä. Virta on luonteeltaan sykkivää tasavirtaa, joka pistää magneettijauheen hiukkaset pinnansuuntaiseen liikkeeseen samalla tavalla kuin vaihtovirta. (NDT Education Resource Center. [viitattu 15.1.2012].)



Kuva 6. Puoliaaltotasasuunnattu 1-vaihevaihtovirta (Åström 2000, 44)

Kun 1-vaihevaihtovirrasta käännetään negatiivinen vaihe positiiviseksi tasasuuntaamalla, saadaan aikaan kokoaaltotasasuunnattua vaihtovirtaa. Samalla menetelmällä 3-vaihevaihtovirrasta saadaan aikaan suhteellisen tasaista virtaa. (NDT Education Resource Center. [viitattu 15.1.2012].)



Kuva 7. Kokoaaltosuunnattu 1-vaihevaihtovirta (Åström 2000, 44)

Virtapulssilla kappale magnetoidaan suurella virralla ja tarkistetaan jälkikäteen jäännösmagnetismia hyödyntäen. Virtalähdettä varataan sähköisesti ja varaus puretaan lyhyessä ajassa. Silloin kappaleeseen syöksyy muutaman tuhannen ampeerin virta, joka jättää kappaleeseen huomattavan jäännöskentän. Virtapulssin etuna on se, että pulssin aikana kappale ei ehdi lämmetä. Virtapulssin käyttö onnistuu vain kappaleilla, joilla on suuri jäännösmagnetismi, eli matalan permeabiliteetin aineilla. Virtapulssin jälkeen kappaleeseen täytyy jäädä tarpeeksi vahva magneettisuus, että virheindikaatiot saadaan näkyviin. (Åström 2000, 45.)

Tasavirtakenttä tunkeutuu syvemmälle kuin vaihtovirta. Koska magneettijauheta-
kistusta käytetään pinnalla olevien virheiden tarkastukseen, käytetään tasavirta-
magnetointia vain silloin, kun jokin syy estää vaihtovirran käytön. Vaihtovirtamag-
netoinnissa tapahtuu jatkuvaa tarkastusainekerroksen liikehdintää, jolloin tarkas-
tusaine kerääntyy nopeasti vuotokenttiin. Tasavirtakenttä ei liikuta tarkas-
tusainekerrosta, joten aine kerääntyy huomattavasti hitaammin vuotokenttiin. Vai-
htovirta on yleisimmin käytetty laji pintaefektin ansiosta. Vaihtovirta pyrkii etene-
mään lähinnä kappaleen pintakerroksessa, ja näin magneettikenttä tiivistyy pin-
taan. Magneettikenttä leviää kuoressa, mikä mahdollistaa epäsymmetristen kap-
paleiden kuten esimerkiksi kampiakseleiden joka kohdan magnetoitumisen. (Åst-
röm 2000, 47.)

Jotta tasavirtakentällä päästäisiin samaan indikaatioiden muodostuskykyyn kuin vaihtovirtakentällä, on käytettävä huomattavasti suurempi magneettikenttä. Tämä huomataan hyvin varmistaessa kentän voimakkuuden riittävyys toimintakokeella. Vaihtovirralla magneettikentän täytyy olla riittävän vahva nostamaan 4,5 kilogramman kappaleen, kun taas tasavirralla magneettikentän täytyy nostaa 18 kilogramman kappaleen. Virranjakautumisen ja ravistuksen puutteen takia tasavirralla tarvitaan 4 kertaa voimakkaampi magneetti. (Suomen standardisoimisliitto SFS 2002a, 5.)

4.5 Tarkastusaine

Suunnitellussa tarkastuspenkissä käytetään fluoresoivaa magneettijauhetta kantonesteessä. Tätä kutsutaan märkämenetelmäksi. Tarkastusaineena käytettävä magneettijauhe valmistetaan puhtaasta raudasta kuten karbonyyliraudasta, hematitista tai magnetitista. Ihmissilmä ei ole yhtä herkkä kaikille aallonpituuksille. Silmä on herkin keltavihreälle valolle, varsinkin jos valon intensiteetti on pieni. Parempi havaittavuus saadaan aikaan kun jauhe peitetään epämagneettisella fluoresoivalla aineella, jolloin epäjatkuvuuskohdat näkyvät UV-valossa kellanvihreinä. (NDT Education Resource Center. [viitattu 15.1.2012].)

Vuotokenttä kerää parhaiten rakeita, joiden koko on samaa luokkaa kuin epäjatkuvuuskohdan, esimerkiksi särön, leveys. Käytännössä tarkastusta tehdessä ei tiedetä, kuinka suuria säröt ovat, joten jauheena käytetään eri raekokojen sekoitusta. Raekoko on noin 1 - 5 mm. Magneettijauheet sekoitetaan kantonesteeseen, jona käytetään hajutonta petrolia, vettä, puhdistettua kristalliöjyä tai muita öljyjä. Magneettijauhesuspension sekoittamisessa on kiinnitettävä huomiota, että liian laimean suspension herkkyys on huono, kun taas liian suuri sekoitussuhde aiheuttaa valeindikaatioita, jotka saattavat peittää todellisia virheindikaatioita. Suspension oikea suhde voidaan tarkastaa kalibrointikappaleella tai sakkakorkeuslasilla, kuten Sutherland-pullolla. Käytettäessä magnetointipenkkiä osa sakkaumasta saattaa olla muita kuin magnetoituvia hiukkasia. Fluoresoivassa menetelmässä nämä vieraat hiukkaset voidaan osittain havaita UV-valon avulla, koska ne eivät fluoresoi. (Åström 2000, 29–30.)

Suunnitellussa penkissä on suljettu nesteenkiertojärjestelmä, joten tulee kiinnittää huomiota jauheen kulumiseen. Käyttö kuluttaa fluoresoivan aineen pois rauta-hiukkasten pinnalta, siksi on vaihdettava tarkastusneste tarpeeksi usein. Muuten fluoresoiva aine irtoaa ja nesteeseen syntyvä taustafluoresenssi vaikeuttaa tarkastusta.

4.6 UV-valaistus

Magneettijauhe on peitetty pigmenttikerroksella, joka fluoresoi eli lähettää näkyvää valoa, kun sitä valaistaan UV-valaistuksella. Väri on valmistettu fluoresoimaan niillä aallonpituuksilla, joita hyväksytyt UV-lamput lähettävät. UV-valaisimen tehon täytyy olla riittävä, että saadaan aikaan riittävä kontrasti. Fluoresoivaa menetelmää käytettäessä on tärkeää, että tarkastusympäristö on riittävästi pimennetty. Taustavalistus tilassa, jossa tarkastus suoritetaan, saa olla enintään 20 luksia valkoista valoa. Tämä johtuu siitä, että hämärässä valaistuksessa kyky havaita pieniä valolähteitä kasvaa huomattavasti. (Åström 2000, 48.)

4.7 Suora virtamagnetointi

Suunnitellussa magnetointipenkissä käytetään suoraa virtamagnetointia ja kiinteitä kohtioita. Kohtiot valmistetaan kuparista. Kuparia käytetään, koska se johtaa hyvin virtaa mutta ei ole ferriittinen. Tällöin virta menee suoraan kohtioiden väliin kiinnitetyn kappaleen läpi. On tärkeää, että suoraa virtamagnetointia käytettäessä kappaletta kiinnitettäessä saadaan kunnollinen kosketus kohtioiden ja työkappaleen välillä. Jos kosketus ei ole kunnollinen työkappaleen ja kohtioiden väliin saattaa syntyä valokaari ja kipinäintiä, jotka aiheuttavat palojälkiä työkappaleeseen. Palojälki kappaleessa saattaa peittää mahdolliset virheindikaatiot. (NDT Education Resource Center. [viitattu 15.1.2012].)

4.8 Standardit

Standardit ovat luonteeltaan suosituksia ja niiden käyttö on periaatteessa vapaaehtoista, mutta viranomaiset kuitenkin usein edellyttävät niiden käyttämistä. Standardi on jonkin organisaation esittämä määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä. Magneettijauhetarkastukseen on olemassa useita standardeja. Standardien avulla pyritään varmistamaan, että tarkastukset suoritetaan oikein ja tulokset ovat luotettavia. Kun toimitaan standardien mukaisesti, voi myös asiakas luottaa tuloksiin. Standardien mukaan tarkastettu tuote hyväksytään kansainvälisille markkinoille eli niiden avulla poistetaan kaupan esteitä. (Autio & Hasari 1999, 14-15.)

Koska ihmissilmä ei helposti erota valaisimien tehojen eroa, on valaisimien teho välillä mitattava. UV-A-säteilyvoimakkuuden on oltava suurempi kuin 1000 mikrowattia/cm² 400 mm:n etäisyydellä. Mittaus suoritetaan, kun lampun teho on taantunut eli vähintään 10 minuuttia päälle kytkemisen jälkeen. Valaistusmittarien kalibrointi todennetaan valmistajan suosittelemalla taajuudella ja käyttäen standardia, joka on jäljitettävissä kansallisiin tai eurooppalaisiin standardeihin. Ajanjakso ei saa ylittää 24 kuukautta. UV-A-säteilyvoimakkuusmittarin kalibrointi suoritetaan monokromaattisella säteilyllä, aallonpituudella 365 nm. (Suomen standardisoimisliitto SFS 2002b, 8.)

Magneettijauhetarkastustehtävissä täytyy myös magneetikentän voimakkuuden riittävyys varmistaa. Varmistus voidaan tehdä mittaamalla kenttävoimakkuus, mittaamalla virranvoimakkuus tai suorittamalla toimintakoe. Virranvoimakkuuden mitaus on hyvin käyttökelpoinen ja helppo menetelmä käytettäessä virtamagnetointia. Virranvoimakkuuden yleisminimivaatimustaso on 2 kA/m. (Suomen standardisoimisliitto SFS 2002a, 6.)

Magneettijauheen kantonesteviskositeetti ei saa ylittää 3×10^{-6} m²/s 40 °C lämpötilassa. Fluoresoivassa menetelmässä nesteessä tulee olla 0,1 – 0,3 tilavuusprosenttia jauhetta. Tarkastusnesteen ei saa olla helposti syttyvää, koska osat voivat

suurien virtojen takia kuumentua sekä huono kiinnitys saattaa aiheuttaa kipinöintiä. (Suomen standardisoimisliitto SFS 2002c, 6 - 9.)

5 TILAAJAN ASETTAMAT RAKENNE- JA TOIMINTAVAATIMUKSET

Insinööritoimisto Laatutestin vaatimuksena oli, että laitteeseen mahtuu tarkastettavaksi maksimissaan kaksi metriä pitkä kappale. Penkin kokonaispituuden tulisi olla mahdollisimman pieni, koska haluttiin pyrkiä tilaa säästävään ratkaisuun. Tila, johon penkki sijoitetaan, oli 3 metriä pitkä. Penkin pitää mahtua kyseiseen tilaan, mutta penkistä pyrittiin kuitenkin suunnittelemaan mahdollisimman lyhyt. Magneettijauhenestesäiliön tilavuudeksi haluttiin 35 litraa ja säiliön alle pyörät, jotta säiliön täyttö olisi mahdollisimman helppoa. Säiliö suunniteltiin ei-ferriittisestä materiaalista, koska tarkastusnesteessä oleviin rautahiukkasiin on voinut jäädä magneettisuutta. Kiertävä magneettijauheneste tulee suodattaa, jotta tarkastettavista kappaleista ja altaasta irtoavat roskat eivät tukkisi järjestelmää. Suodatuksen tulee toimia niin, että magneettijauheen suurimmat rautahiukkaset pääsevät läpi ja 5 millimetriä suuremmat partikkelit jäävät sihtiin. Jotta suurimmatkin kappaleet pysyvät tukevasti paikallaan, tulee sylinterin puristusvoiman olla yhdeksänsataa newtonia.

Ergonominen työskentelykorkeus mitattiin yhteistyössä yrityksen työntekijöiden kanssa. Yhdessä päädyttiin siihen tulokseen, että optimaalinen kappaleen kiinnityskorkeus on 120 senttimetriä lattian pinnasta. Ergonomista työskentelyasentoa suunnitellessa tuli ottaa huomioon myös se, kuinka kaukana kappaleen kiinnityspiste sijaitsi penkin laidasta. Kappale täytyy pystyä kiinnittämään niin, ettei työntekijän tarvitse kurkotella. Asia otettiin huomioon päätettäessä penkin leveyttä. Penkin ei saa olla liian leveä, jolloin joudutaan kurkottelemaan, eikä myöskään liian kapea, jolloin tarkastusaine lentää helposti laitojen yli. Penkin leveydeksi päätettiin 550 mm ja kappaleen kiinnityspisteeksi 275 mm päässä reunasta.

6 SUUNNITTELU

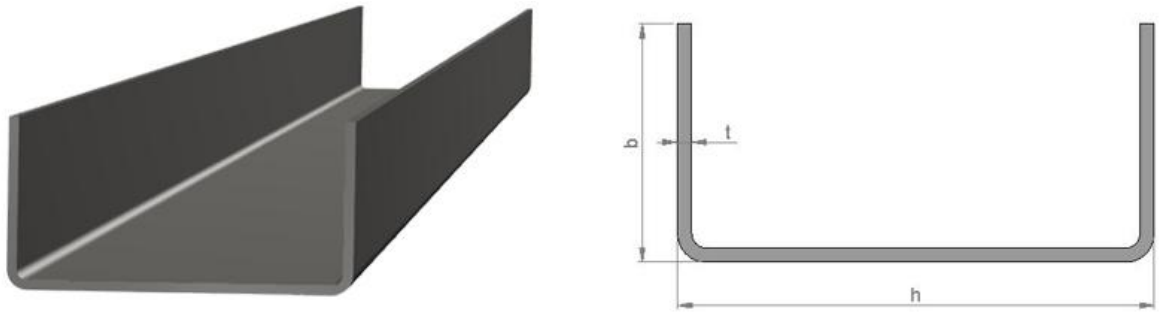
Työn pääpaino oli penkin 3D-suunnittelussa ja valmistuspiirustusten teossa. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon, että standardit täyttyvät. Huomiota tuli kiinnittää esimerkiksi virtalähteen riittävyteen ja valaistuksen suunnitteluun.

Ennen piirustusten tekoa laitteelle valittava sopivat materiaalit ja toimilaitteet.

6.1 Materiaalin valinta

Materiaaleja valitessa on tärkeä huomioida materiaalien soveltuvuus käyttötarkoitukseen. Huomioitava on esimerkiksi materiaaliin kohdistuvat voimat, altistuminen erilaisille lämpötiloille ja korroosio.

Pöydän materiaaliksi valittiin kolme millimetriä paksu musta teräs. Altaan, nesteenpoistoputken ja nestesäiliön materiaaliksi valittiin 1,5 millimetrin paksuinen ruostumaton teräs. Materiaalit valittiin myyjän teräsluettelosta, jolloin materiaaleja on helposti saatavilla. Pöydän kehikko on u-profiili 70x50x3. Pöydän laita on u-profiili 100x50x3. Jalat ovat u-profiili 120x50x3. Profiiliteräksset ovat niin sanottua hyllytavaraa, eli sitä on aina saatavilla. Profiilien mitoissa ensimmäinen luku on leveys (h), seuraava luku ilmaisee kuinka korkeat reunat ovat (b) ja viimeinen luku on materiaalin paksuus (t). (Teräsluettelo 2010, 15,36; Silvennoinen 2000, 226.)



Kuva 8. U-profiiliteräs (Teräsluettelo 2010, 64)

6.2 Toimilaitteiden valinta

Toimilaitteiden valinta on yksi tärkeimmistä osista tässä työssä. Toimilaitteet tulee valita ennen suunnittelua, tai viimeistään suunnittelun kanssa samaan aikaan. Koska toimilaitteiden valinta tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Laite niin sanotusti rakennetaan toimilaitteiden ympärille. Hyvin tärkeää on myös toimilaitteiden oikein mitoitus. Laitteiden tulee kestää niille suunniteltua normaalia toimintaa ilman ylikuormittumista.

Magneettijauhetarkastuspenkissä käytetään virtamagnetointia. Virtalähteeksi valittiin Tiede Ferrotest 20, jonka suurin virranvoimakkuus on 2 kA. Virtalähteellä suoritetaan magnetointi ja demagnetointi. Virtalähteellä saadaan aikaan riittävä standardeissa vaadittu magneettisuus. Sitä ohjataan kaksitilaisella polkimella, jota jallalla painamalla kappale magnetoidaan tai demagnetoidaan.

Moottoriksi valittiin servomoottori Aseko TS4606 100W. Moottorin mukana tilataan servomoottoriohjain, jonka avulla säädetään kierrosnopeutta. 100 watin teho on riittävä, koska moottorilta ei vaadita suurta pyörimisnopeutta tai vääntömomenttia. Moottorin pyörimisnopeuden piti olla säädettävissä, jotta saataisiin sopiva pyörimisnopeus kappaleen koosta riippuen. Moottorin valinnassa kriteerinä oli mahdollisimman pieni koko, jolloin päästään tilaa säästävään ratkaisuun.

Käsiteltävät kappaleet ovat riittävän kevyitä, että voitiin valita pneumaattinen järjestelmä. Pneumaattiset järjestelmät ovat siistejä, vuotamattomia, paloturvallisia ja

toteuttavat nopeasti halutut liikkeet. Lisäksi ne ovat edullisia toteuttaa. Kappaleen kiinnityksessä käytetään kaksitoimista sylinteriä, joka toimii käsiohjauksella. Sylinteriksi valittiin ASCO numatics 425. Sylinterin iskunpituus on 50 millimetriä ja männän halkaisija 40 mm. Iskunopeus on 1 m/s. Sylinteri on ilman päätyvaimennusta.

Pumppua valittaessa otettiin yhteyttä yritykseen, joka myy NDT-laitteita. Yrityksestä neuvottiin valitsemaan pumppu, joka on valmistettu ei-ferriittisestä materiaalista, koska tarkastusnesteen rautahiukkasissa saattaa olla vielä magneettisuutta jäljellä. Pumpuksi voidaan valita tavallinen nostopumppu, koska nesteen virtausnopeuden ei tarvitse olla suuri. (Myöhänen 2012.)

Pumpuksi päädyttiin valitsemaan monitoimipumppu Lowara CEAM. Pumpun teho on 0,37kW ja toimii 230 V jännitteellä. Pumpun moottorin kuori on valmistettu valuraudasta, mutta pumpun osat ovat ruostumatonta terästä. Valurautaosat eivät kuitenkaan häiritse toimintaa.

6.3 3D-suunnittelu ja valmistuspiirustukset

Piirustuksen tärkein tehtävä on tiedon välittäminen. Kappaleen valmistajalla ei aina ole tietoa mihin kokonaisuuteen osa kuuluu, joten piirustuksen pitää olla yksikäsitteinen ja siitä täytyy löytyä kaikki kappaleen valmistamiseen tarvittavat tiedot. Piirustusta voidaan nopeuttaa esittämällä jokin osa pelkistettynä. Tällöin jätetään pois yksityiskohtia, joita ei tarvita suunnittelussa tai valmistuksessa. 3D-suunnittelun päätavoitteena on reaalimallin laatiminen. Kun reaalimalli on tehty, saadaan siitä tuotettua 2-ulotteiset valmistuspiirustukset. (Autio & Hasari 1999, 249 - 253.)

Piirtämistyön nopeuttamiseksi oikosulkumoottori, pumppu ja sylinteri piirrettiin vain ääriviivoilla ja niistä jätettiin pois kaikki yksityiskohdat. Suunnittelu koostui pääasiassa kolmesta elementistä: ensin hankittiin suunnitteluun tarvittavat perustiedot, jonka jälkeen mitoitettiin kappaleet, ja viimeisenä varsinainen piirustustyö. 3D-

suunnittelu toteutettiin Autodesk Inventor -ohjelmalla. Suunnitteluohjelman valinnassa oli muutamia vaihtoehtoja. Kaikkia vaihtoehtoja kokeiltiin, mutta Autodesk Inventor valittiin lopulta helpon käytettävyyden ansiosta.

Ensimmäisenä aloitettiin penkin rungon suunnittelu. Penkin runkoon käytetään valittua u-profiiliterästä. Penkin jalkoihin rakennetaan rautalevystä tehty taso, johon tulee virtalähde. Penkin jalkoihin kiinnitetyt lattaraudat ovat sähkökeskuksen kiinnitystä varten. Runkoon porataan halkaisijaltaan 10 millimetrin suuruiset reiät laidan pulttikiinnitystä varten. (Liite 7.)

Seuraava askel oli rungon päälle asennettavan altaan suunnittelu. Allas valmistetaan ruostumattomasta teräksestä, koska se altistuu jatkuvasti nesteelle. Altaan pohjaan asennetaan putki, jota pitkin tarkastusneste valuu takaisin säiliöön. Putki on myös valmistettu ruostumattomasta teräksestä, ja on sen halkaisija on 60,3 mm. Allasta suunnitellessa täytyi ottaa huomioon riittävä kaato, ettei neste jää altaan pohjalle. (Liite 10.)

Seuraavana vuorossa oli laidan suunnittelu. Laita valmistetaan u-profiiliteräksestä lukuun ottamatta toista päätyä, joka on 3 millimetriä paksua teräslevyä. Kyseisessä päädyssä on reikä sylinterin kiinnitystä varten. Suunnittelussa otettiin huomioon laidan korkeus, ettei neste roiskuisi helposti ylitse. (Liite 8.)

Kun laita oli valmis, oli kelkan suunnittelun vuoro. Kelkassa on lattaraudat, jotka tulevat laidan päälle. Niiden avulla kelkka luistaa laidan päällä. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon moottorin ja magnetointilaitteiden kiinnitys. Magnetointilaitteet sijoitettiin niin, että työskennellessä ne eivät tulisi käsien tielle. Tämän takia kelkassa on neliönmuotoinen reikä, mihin magnetointilaitteet osin upotetaan. Magnetointilaitteet suojattiin magneettijauhenesteeltä koteloimalla ne muovilla. Kelkkaan tulee kiinni toinen kohtioista, jota servomoottorilla pyöritetään. Kelkkaan suunniteltiin lukitusmekanismi, että se saataisiin kappaleen kiinnitystä varten lukittua sopivaan kohtaan. Kun kelkassa sijaitsevaa ruuvia käännetään, kelkan alta nousee leuka, joka puristaa kelkan lattaraudan ja laidan tiukasti yhteen. (Liite 9,12-13.)

Viimeisenä suunniteltiin säiliö magneettijauhenesteelle. Säiliön mitat suunniteltiin siten, että tilavuudeksi tulee 35 litraa. Säiliön pohjaan asennetaan ruostumattomat teollisuuspyörät. Kanteen tulee reiät penkin poistoputkea ja pumppua varten. (Liite 11.)

Sähköpiirustukset piirrettiin AutoCAD-ohjelmistolla. Sähköpiirustukset tehtiin servomoottorille ja pumpulle. Koska magneettijauheneste saa kiertää koko ajan, suunniteltiin pumpun ohjaus siten, että pumppu käynnistyy kun penkin virta kytetään päälle. Kappaletta pyörittävän moottorin ohjaus toimii painonappulalla. Häätäseis-painike sijoitetaan samaan koteloon moottorin ohjainten kanssa. Sähkökytkennät tehdään sähkökaappiin, joka kiinnitetään penkin jalkoihin kiinni. Sähkökaapissa käytetään automaattisulakkeita. (Liite 3.)

Pneumatiikkapiirustukset piirrettiin Multisim-ohjelmistolla. Sylinteriä ohjataan 5/2-venttiilillä, joka toimii vipuohjauksella. (Liite 4.)

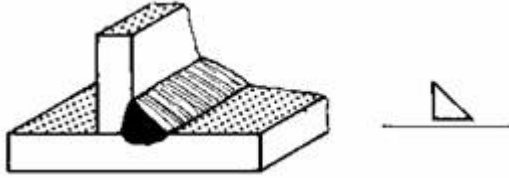
6.4 Pinnankarheus

Piirustuksiin täytyy merkitä haluttu pinnan karheus valmiille pinnoille. Näin kappaleiden valmistaja tietää, kuinka kappaleet työstetään ja pinnat viimeistellään. Penkin materiaaliksi valittu musta teräs hiotaan ennen maalausta. Hionnan ja maalauksen jälkeen pinnan karheus on noin Ra 0,5. Ruostumattoman teräksen pintaa ei tarvitse työstää. Toimittaja ilmoittaa pinnankarheuden olevan Ra 0,8.

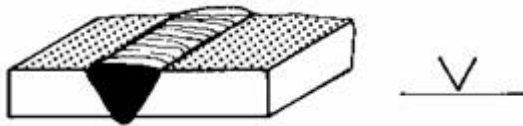
6.5 Hitsaus

Suunniteltaessa tulee päättää kuinka kappaleet kiinnitetään toisiinsa. Tässä suunnittelussa oli kaksi vaihtoehtoa: kiinnitys pulteilla tai hitsaamalla. Penkkiä ei todennäköisesti tarvitse ikinä purkaa ja se pystytään kuljettamaan paikalleen valmiiksi koottuna. Sen takia päädyttiin hitsaamiseen. Ainoastaan toimilaitteet ja penkin laita kiinnitetään runkoon pulteilla. Näissä kiinnityksissä käytetään halkaisijaltaan 10 millimetrin pultteja.

Penkin kokoamisessa käytetään TIG-hitsausta. Teräket hitsataan yhteen käyttäen pääasiassa pienahitsaussia (kuva 9). Pienahitsin mitta on a3. Kohdissa, joihin pienahitsi ei sovellu käytetään V-hitsaussia (kuva 10.)



Kuva 9. Pienahitsaus (Autio & Hasari 1999, 190)



Kuva 10. V-hitsaussia (Autio & Hasari 1999, 190)

7 PENKIN TOIMINTA

Penkki sijoitetaan pimennettyyn tilaan, jossa taustavalaisu on enintään 20 luksia valkoista valoa. Penkki valaistaan UV-valaisimilla. Tarkastettava ferriittinen kappale asetetaan kohtioiden väliin. Toinen kohtioista sijaitsee sylinterin päässä, joka on kiinteästi kiinnitetty penkkiin. Toinen taas sijaitsee niin sanotussa kelkassa. Kelkkaa voidaan liikuttaa penkin laitaa pitkin riippuen tarkastettavan kappaleen pituudesta. Kun kelkka on liikutettu oikeaan pituuteen, se lukitaan laitaan kiinni lukitusruuvilla. Kappaleen ollessa kohdallaan kohtioiden välissä, vedetään vivusta joka ohjaa sylinterin eteen ja näin työntää kappaleen tiukasti toiseen kohtioon kiinni. Kun kappale on tukevasti kiinnitetty, jalalla painetaan poljinta, jolla ohjataan virtalähdettä. Tällöin 2 kA johdetaan kohtioiden kautta suoraan kappaleen läpi. Kappale magneitoituu, jonka jälkeen kappaletta pyöritetään servomoottorilla. Kappaleeseen suihkutetaan fluoresoiva magneettijauhe. Tarkastaja tarkastaa kappaleen silmämääräisesti etsien virheindikaatioita, jotka ilmenevät UV-valaistuksessa keltanvihreänä viivana. Tarkastuksen jälkeen kappale demagnetoidaan.

Jos täytyy tarkastaa suuri erä esimerkiksi muttereita, on mahdollista käyttää myös epäsuoraa virtamagnetointia. Menetelmää käytetään renkaanmuotoisten kappaleiden, kuten muttereiden ja laippojen magnetointiin. Apujohtimena käytetään paramagneettista, mutta hyvin sähköä johtavaa ainesta, kuten kuparista tehtyä tankoa. Tankoon pujotetaan renkaanmuotoiset kappaleet. Sitten tanko kiinnitetään kohtioiden väliin ja sen läpi johdetaan virtaa. Magneettikenttä siirtyy apujohdinta pitkin tarkistettaviin kappaleisiin. Menetelmän etuna on se, että samalla kiinnityksellä saadaan tarkastettua useita kappaleita. (Liite 1, 2.)

8 TULOKSET

Opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella magneettijauhetarkastuspenkki. Penkistä suunniteltiin 3D-malli, josta tehtiin 2D-piirustukset. Osat ovat hyvin erikoisia, joten ne jouduttiin 2D-piirustuksissa kuvaamaan eri mittakaavoilla. Piirustuksiin lisättiin mitat sekä muut valmistuksen kannalta tarpeelliset tiedot. Sähkö-, pneumatiikka- ja 2D-piirustukset lähetettiin Insinööritoimisto Laatutestille. Laatutesti hyväksyi piirustukset ja lähettää ne yritykselle, joka valmistaa penkin rungon. Penkki pyritään saamaan mahdollisimman nopeasti valmistettua ja toimintakuntoon. (Liite 5, 6.)

Suunnittelussa onnistuttiin toteuttamaan tilaajan vaatimusten mukaisesti. Työskentelyasentoa saatiin parannettua. Laitteen kokonaispituus on vain 2,4 metriä, joten se sopii hyvin sille tarkoitettuun 3 metrin tilaan. Penkkiin saadaan kiinnitettyä 2 metriä pitkä kappale, mikä oli yksi tärkeimmistä vaatimuksista. Toimilaitteet löydettiin penkille ja nesteenkierto toteutetaan halutulla tavalla.

Penkki hyödyttää yritystä myös taloudellisesti. Tarkastukset saadaan suoritettua nopeasti, joten jää enemmän aikaa muille tarkastuksille. Yritykselle voidaan lähettää suuriakin eriä ja ne pystytään tarkastamaan tehokkaasti. Jos penkki tilattaisiin yritykseltä, joka myy penkkejä, hinnaksi tulisi noin 80 000 €. Kun penkki valmistetaan piirustusten mukaan ja käytetään valittuja toimilaitteita, penkki tulee maksamaan noin 10 000 €. Näin yritys säästää hankinnassa huomattavan summan rahaa.

9 POHDINTA

Työstä sai kokemusta kirjallisten töiden teosta ja tiedon hankinnasta. Työtä tehdessä myös oppi arvioimaan tiedon luotettavuutta. Lähteinä käytin mahdollisimman uusia tekstejä ja alan asiantuntijoiden luomaa materiaalia. NDT-tarkastuksesta oli vähän materiaalia saatavilla ja suurin osa englanninkielisiä. Koneensuunnittelusta ja piirustusten teosta löytyi helposti materiaalia. Työn luotettavuutta lisää myös se, että minulle nimitettiin yrityksestä ohjaaja, jonka kanssa olen ollut tiiviisti yhteydessä ja saanut palautetta.

Eniten opin suunnitteluohjelmien käyttöä. Tulevana insinöörinä suunnitteluohjelmien tuntemuksesta on varmasti hyötyä. Teoriaosuudesta on hyötyä myös muille insinööreille, jotka työskentelevät alalla jossa joudutaan tekemään magneettijauhetarkastuksia. Tällaisia aloja ovat esimerkiksi metalli- ja koneteollisuus. Myös rakennusosalalla joudutaan tarkastamaan teräsrakenteita. Teoria osuus on myös hyvää yleissivistävää tietoa kaikille tuleville insinööreille.

Tavoitteena oli suunnitella penkki ja ottaa suunnittelussa huomioon annetut vaatimukset. Penkki saatiin suunniteltua ja kaikki annetut vaatimukset toteutettiin suunnittelussa. Koska työhön ei kuulunut penkin kokoonpanovaihe, ei työssä päästä tarkastelemaan penkin toimivuutta käytännössä.

Penkkiin jäi vielä asioita, joita voidaan kehittää tarpeen vaatiessa. Jos käytössä huomataan, että magneettijauhe sakkautuu säiliön pohjalle, voidaan lisätä säiliön pohjaan sekoitin. Penkkiin voidaan myös myöhemmin rakentaa kela, jonka sisällä kappaleet voidaan tarkastaa. Johdinta kääritään kelalle, jolloin monikerroksisen kelan silmukoiden kentät voimistavat toisiaan ja luovat kelan sisälle jokseenkin tasaisen magneettikentän. On tärkeää, että kappale saadaan kiinnitettyä hyvin kohtioiden väliin. Tarkistettavien kappaleiden muoto vaihtelee, joten voidaan joutua valmistamaan kuparista erimallisia kohtioita. Tulevaisuudessa voisi kehittää erilaisia apuvälineitä, jotka helpottaisivat tarkastusta esimerkiksi kameranäkö vir-

heiden etsimiseen. Jatkotutkimuksena voisi tutkia penkin kokoonpanovaihetta ja toimivuutta käytännössä. Huomiota voisi kiinnittää myös siihen, miten yritys on hyötynyt penkin käyttöön ottamisesta esimerkiksi taloudellisesti.

Jos suunniteltu penkki kokoonpanon ja testauksen jälkeen todetaan toimivaksi, voitaisiin selvittää, onko sillä mahdollisesti markkinarakoa. Yrityksessä voitaisiin miettiä, onko kannattavaa kaupata vastaavaa penkkiä muualle. Internetistä löytyi vain yksi yritys, joka valmistaa ja myy penkkejä. On siis mahdollista, että markkinoilla olisi kysyntää tuotteelle.

LÄHTEET

Autio, A. & Hasari, H. 1999. Koneenpiirustus. Helsinki: Otava.

Cartz, L. 1995. Nondestructive testing. ASM international.

Frondelius, P. 2005. ECR-ionilähteen magneettikentän lämpötilariippuvuus. [Pdf-dokumentti]. [Viitattu 09.12.2011]. Saatavana: https://www.jyu.fi/fysiikka/en/research/accelerator/ionsources/theses/pentti_frondelius_gradu.pdf

Insinööritoimisto Laatutesti Ky. 2012. Tietoa yrityksestä. [Verkkosivu]. [Viitattu 02.12.2011] Saatavana: http://www.laatutesti.net/yritys/tietoa_yrityksesta/

Onninen Group. 2010. Teräsluettelo 2010. [Pdf-dokumentti]. [Viitattu 03.11.2011]. Saatavana: <http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Tuotteet/Teollisuus/Terasluettelo-2010/pdf/Terasluettelo2011.pdf>

Raj, B. & Jayakumar, M. 2002. Practical non-destructive testing. New Delhi: Woodhead publishing limited.

Silvennoinen, S. 2000. Suunnittelijan opas: Rautaruukin terästuotteet. Helsinki: Otava.

Suomen standardisoimisliitto SFS. 2002a. Rikkomaton aineenkoetus. Magneettijauhetarkastus. Laitteet.

Suomen standardisoimisliitto SFS. 2002b. Rikkomaton aineenkoetus. Magneettijauhetarkastus. Osa 2: tarkastusaineet.

Suomen standardisoimisliitto SFS. 2002c. Rikkomaton aineenkoetus. Tunkeumaneste- ja magneettijauhetarkastus. Katseluolosuhteet.

Suominen, M. 2011. NON DESTRUCTIVE TESTING: NDT-tarkastajan ammatti ja rekrytointi. Turun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. Julkaisematon.

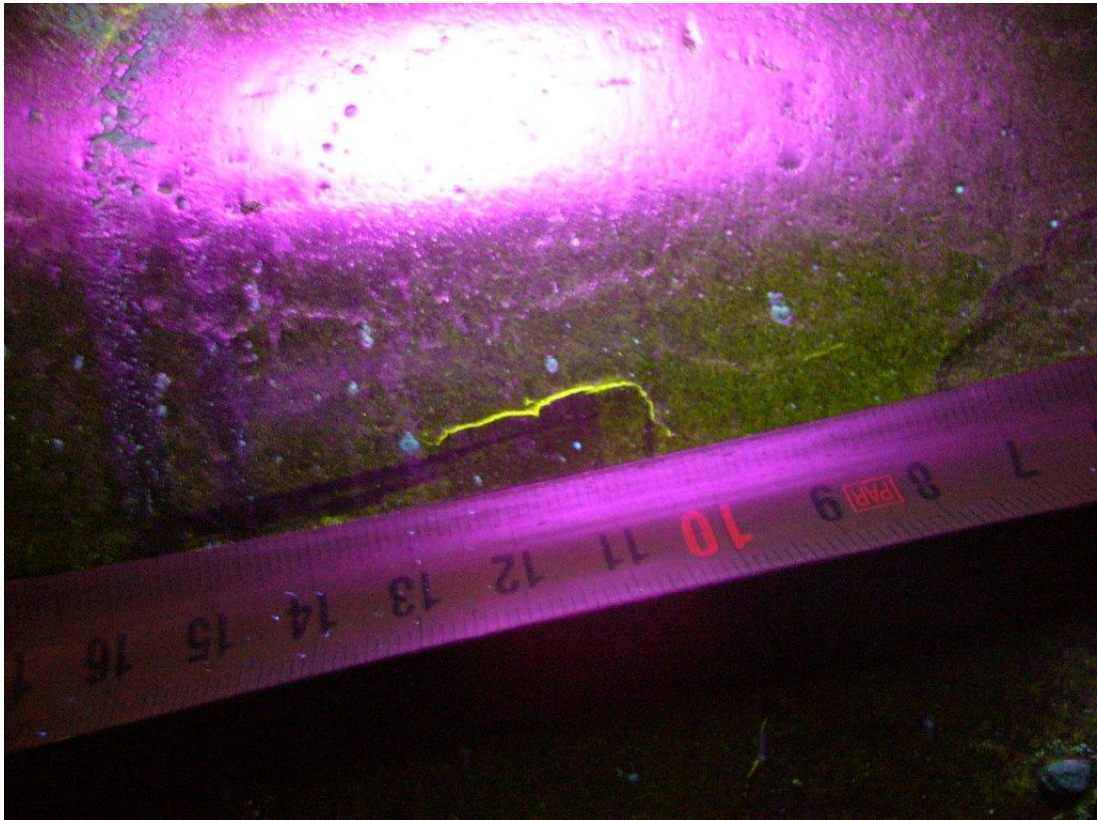
Myöhänen, H. 2012. Tuotepäällikkö, NDT. Sonar Oy. Puhelinkeskustelu 21.12.2011

NDT education Resource Center. Magneettijauhetarkastus. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.01.2012]. Saatavissa: <http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/MagParticle/Introduction/basicprinciples.htm>

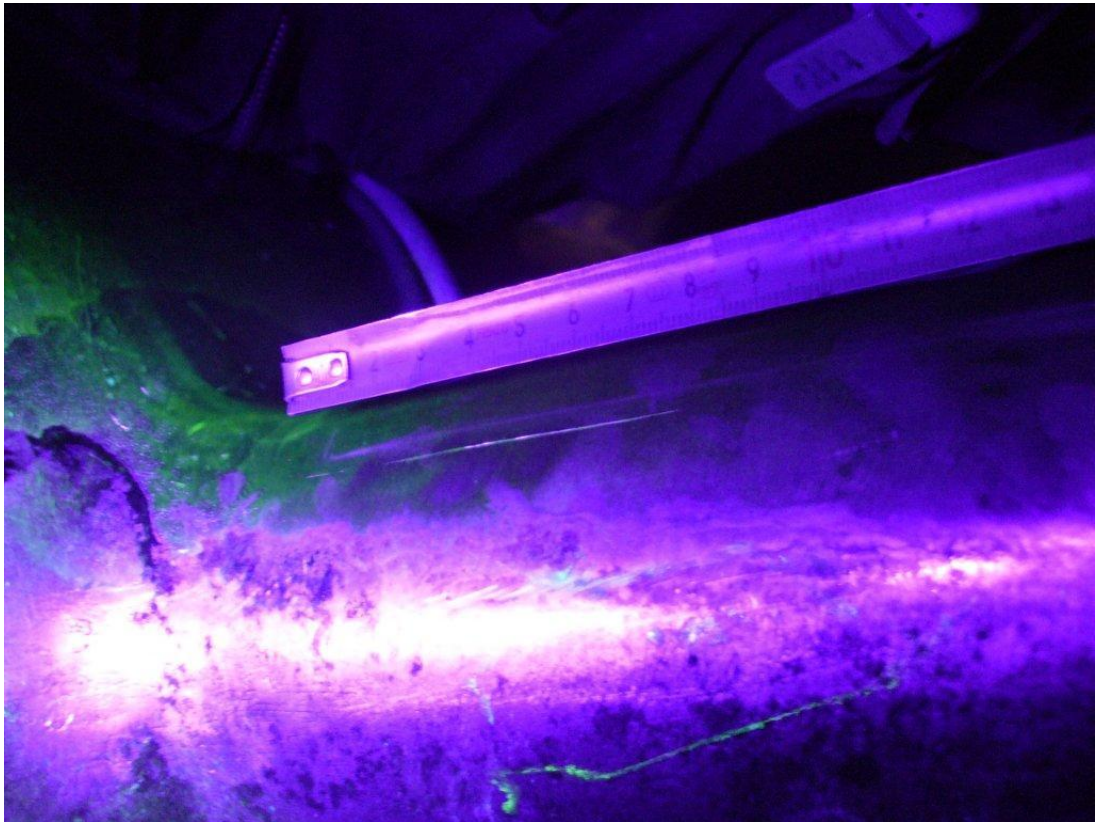
Åström, T. 2000. NDT- tarkastuskäsikirja magneettijauhetarkastus. Helsinki: Suomen hitsausteknillinen yhdistys ry.

LIITTEET

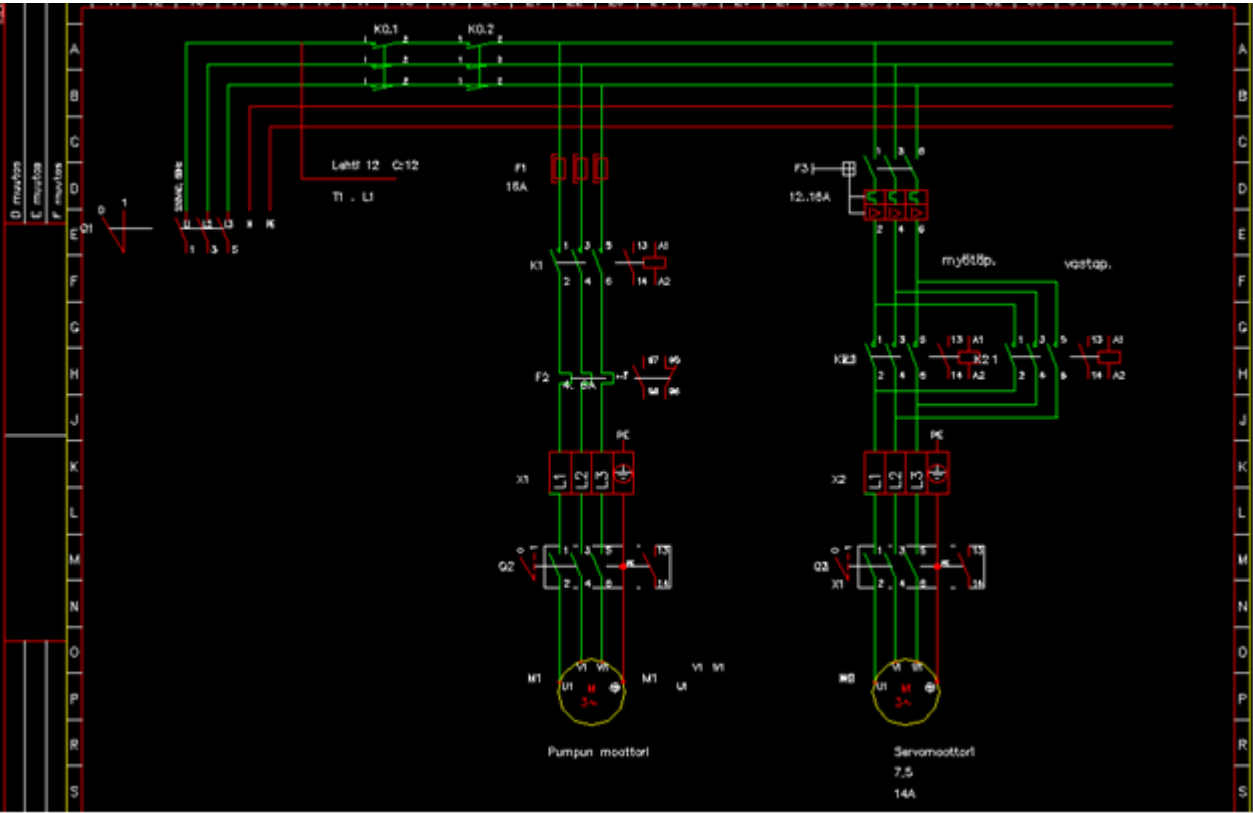
LIITE 1 Esimerkki epäjatkuvuuskohdasta

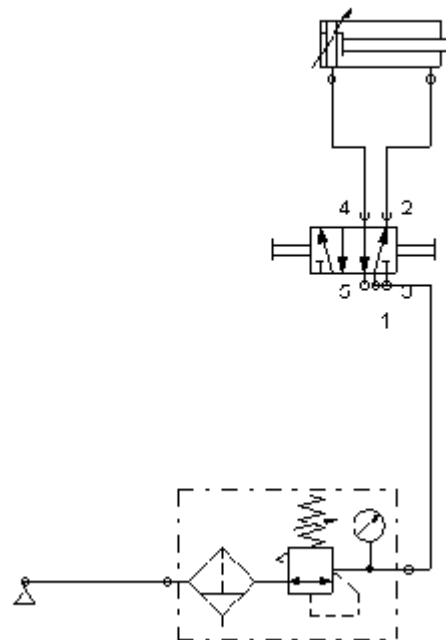


LIITE 2 Esimerkki epäjatkuvuuskohdasta

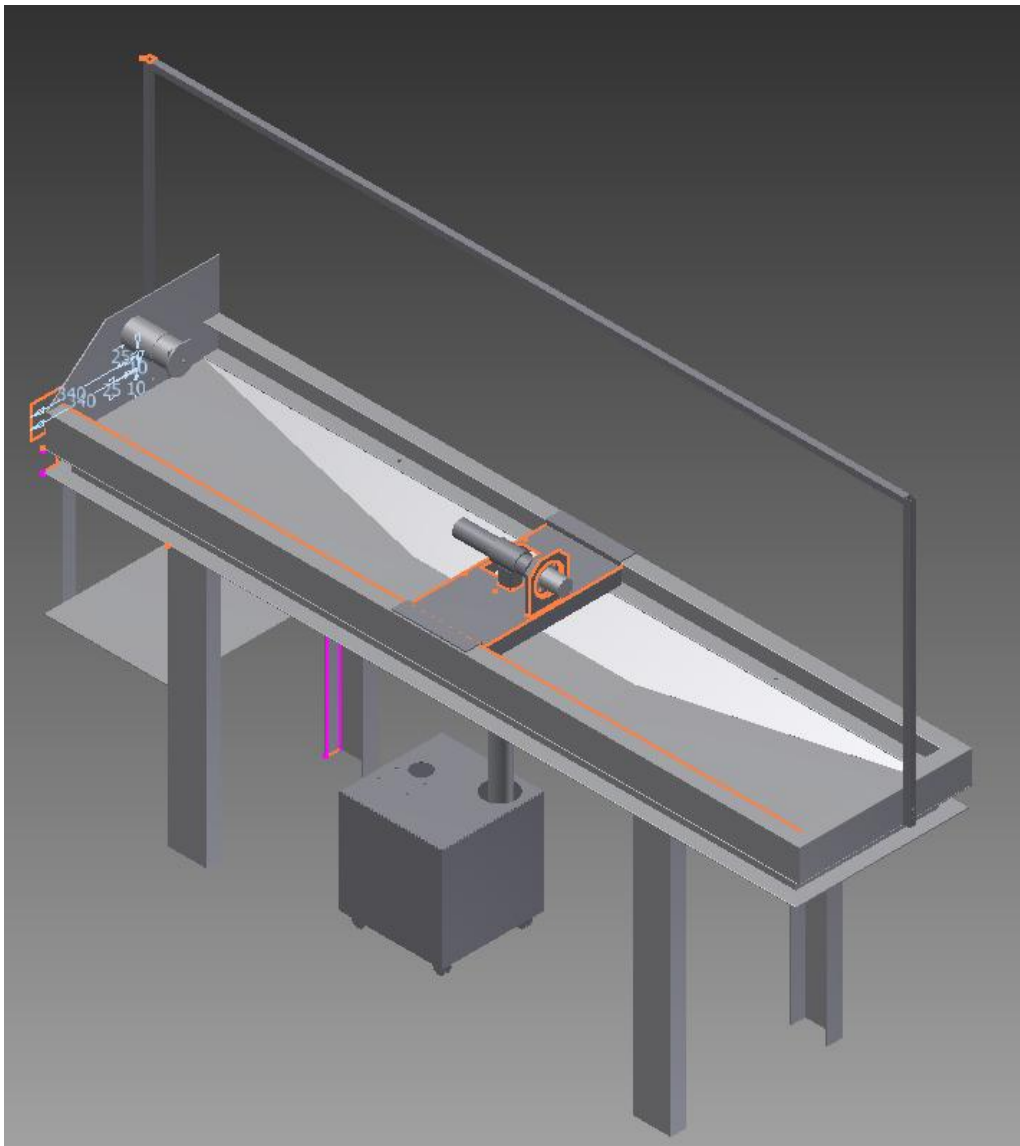


LIITE 3. Sähkopiirustus

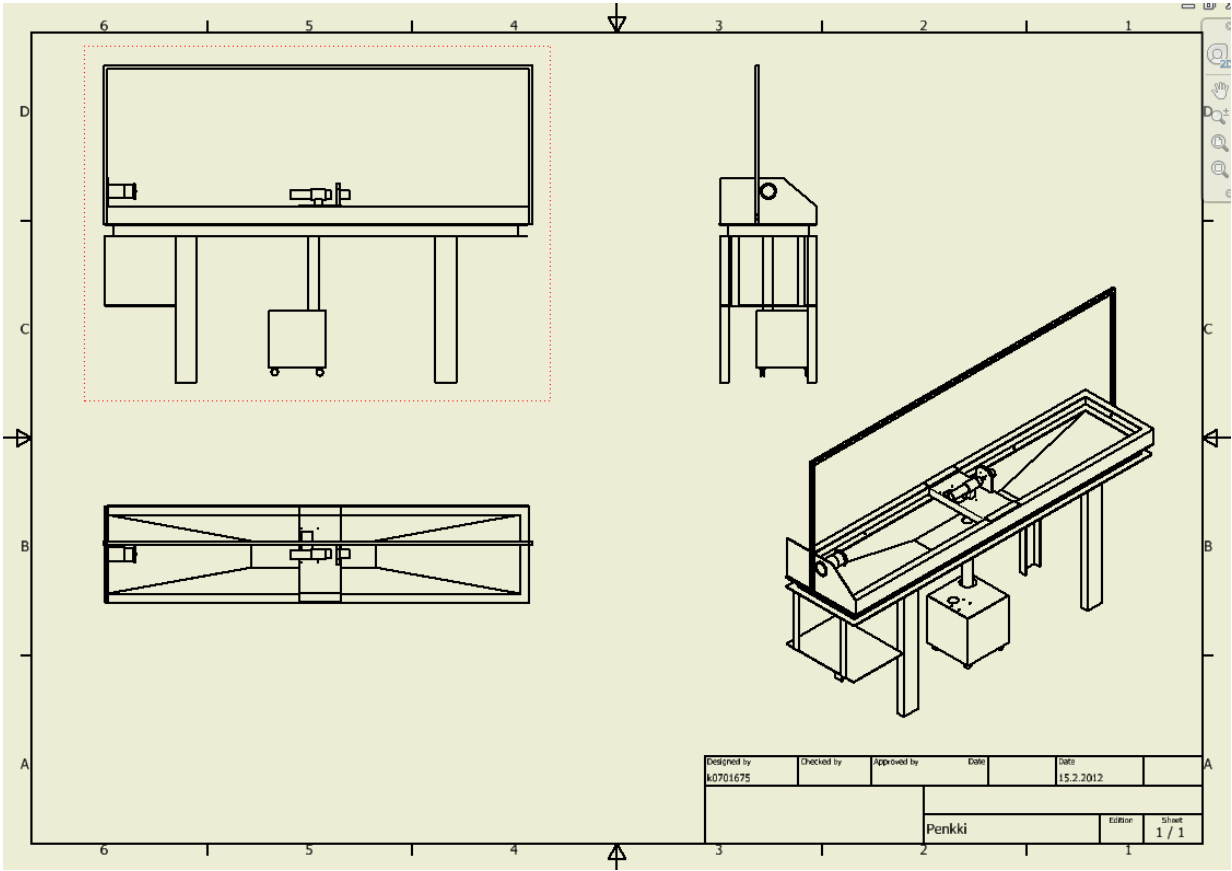


LIITE 4. Pneumatiikkapiirustus

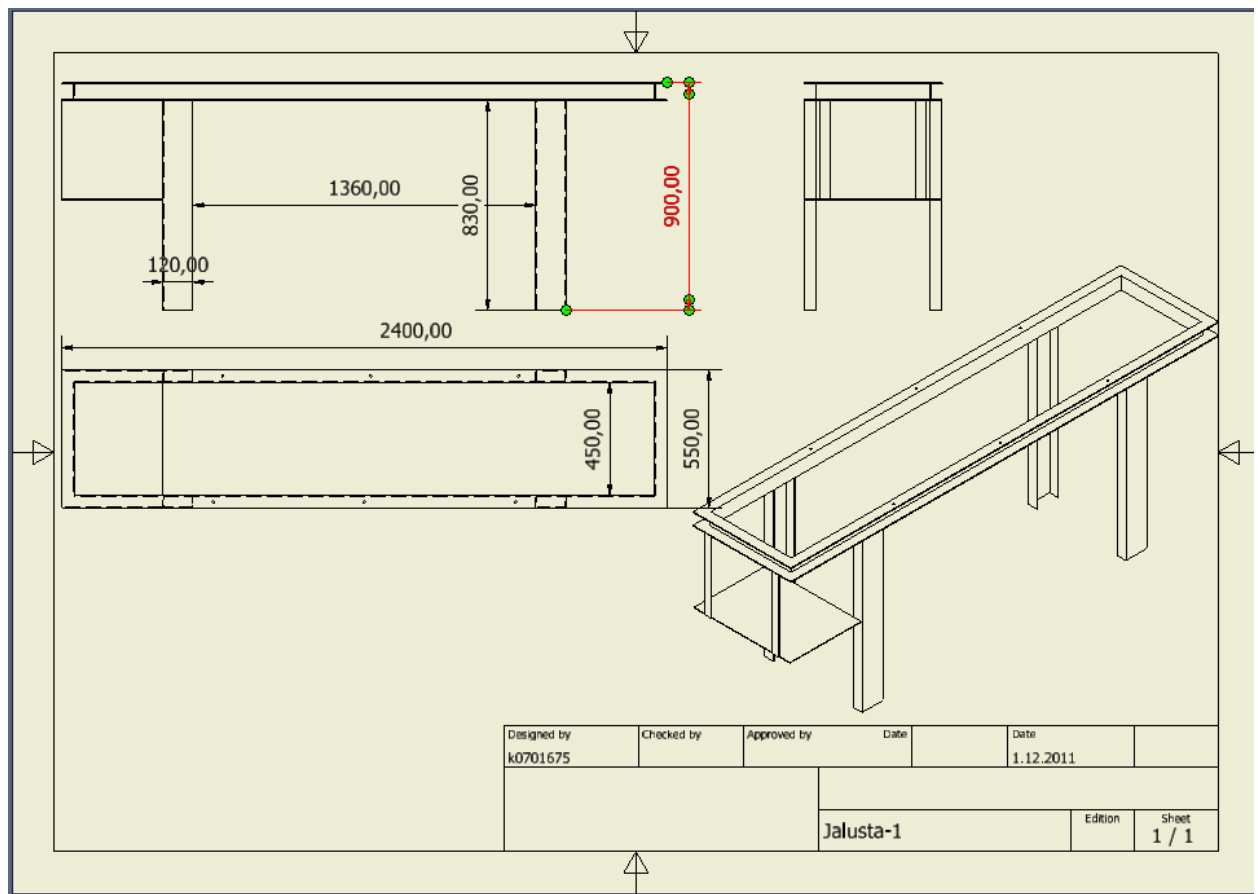
LIITE 5. 3D- piirustus



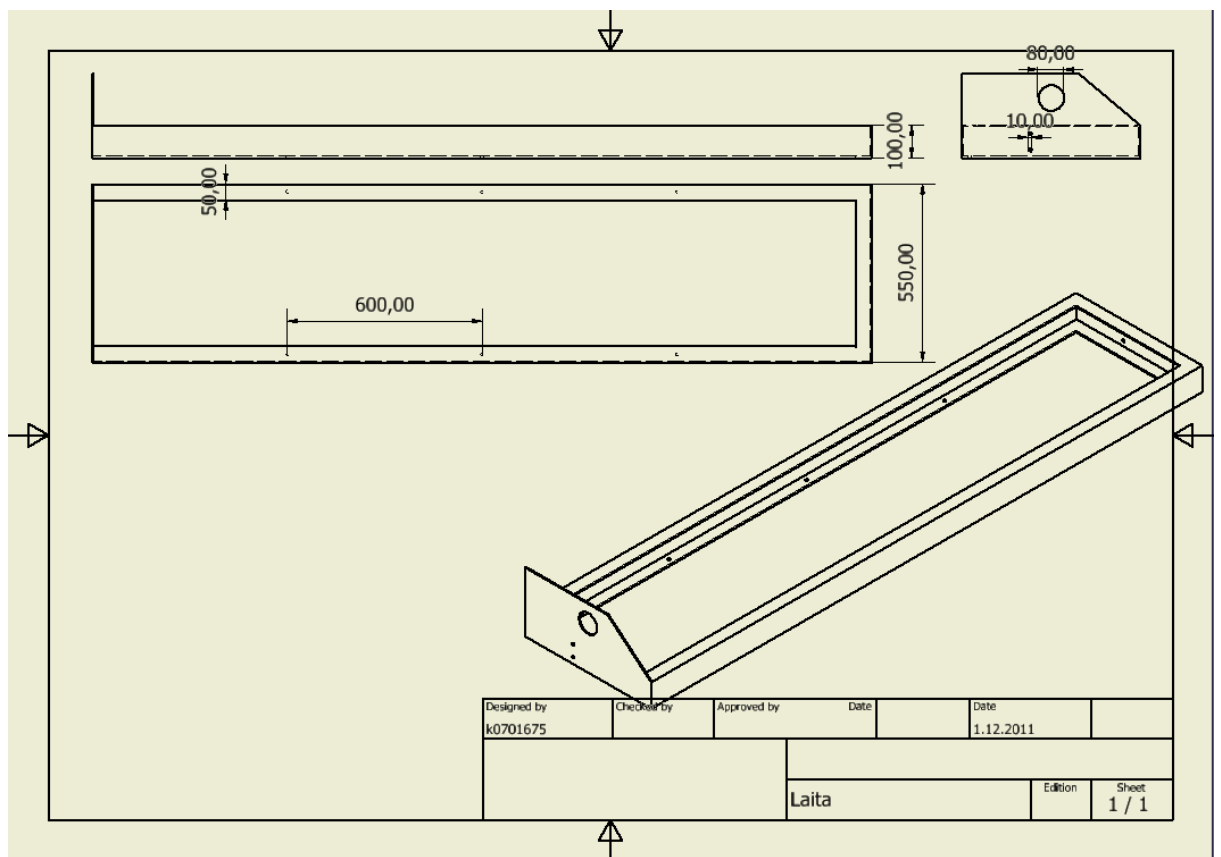
LIITE 6. Kokoonpanopiirustus



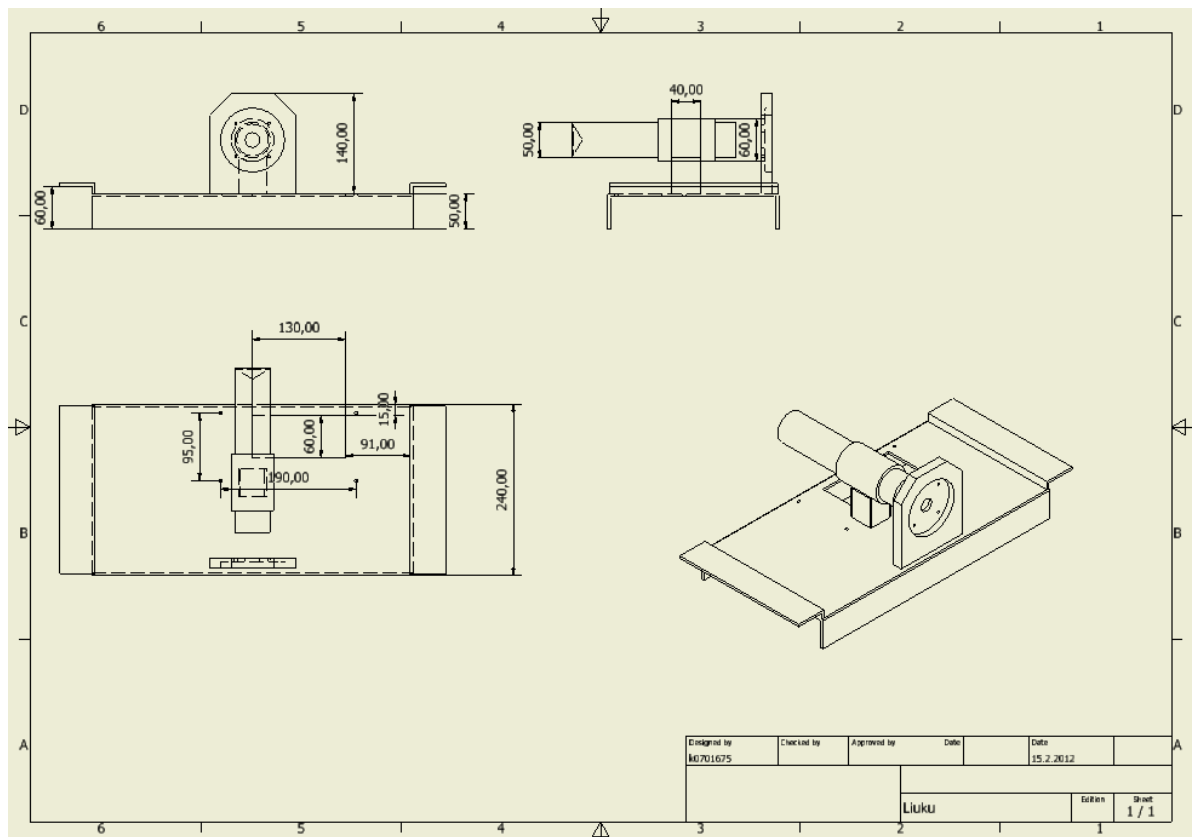
LIITE 7. Rungon piirustus



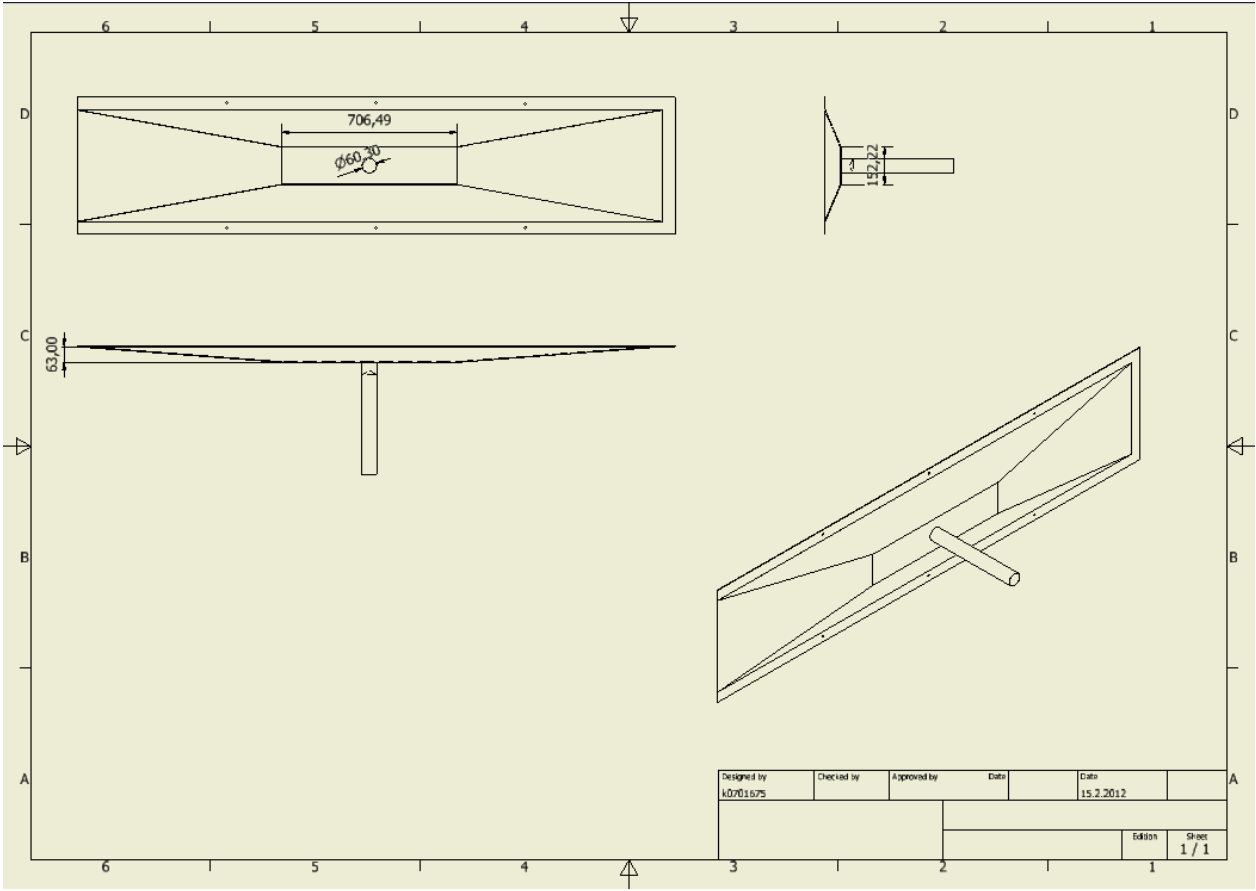
LIITE 8. Laidan piirustus



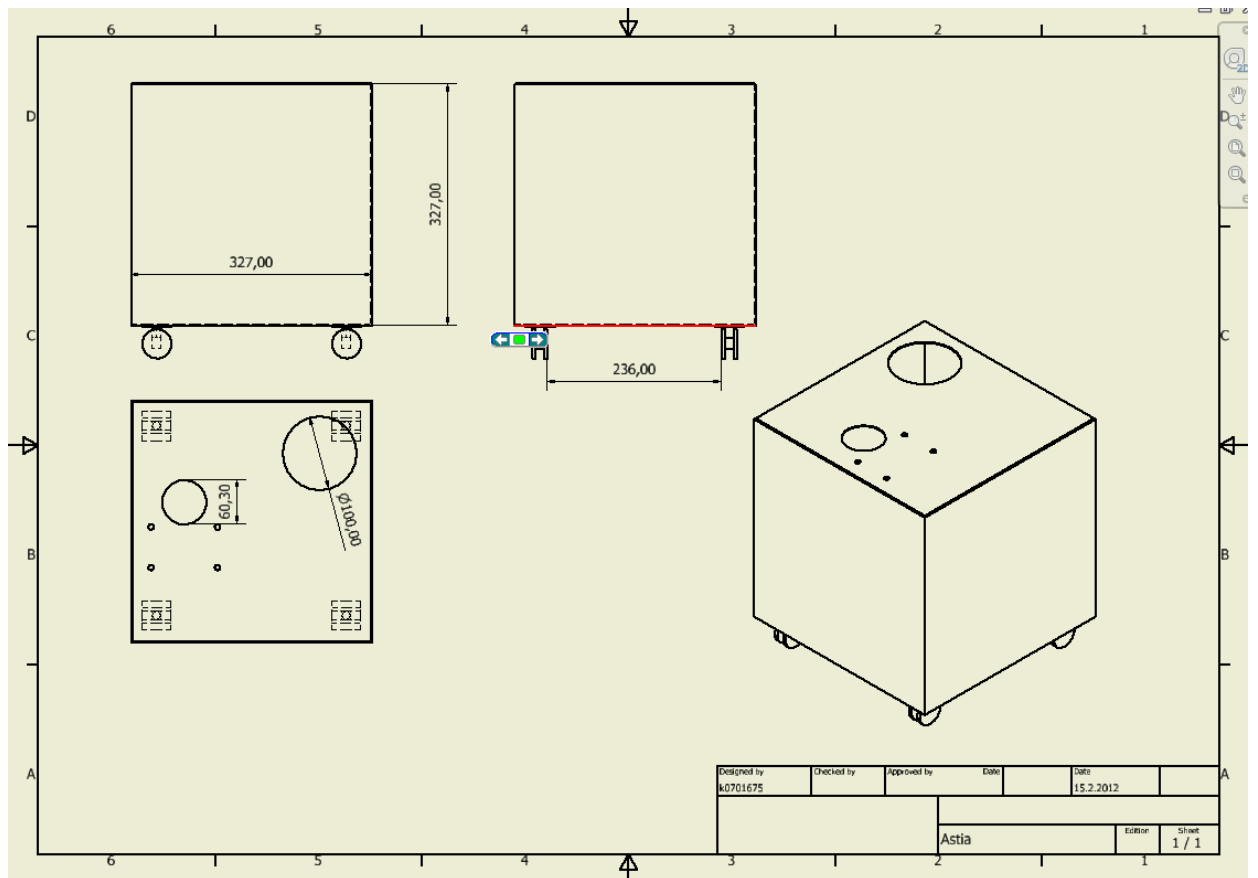
LIITE 9. Kelkan piirustus



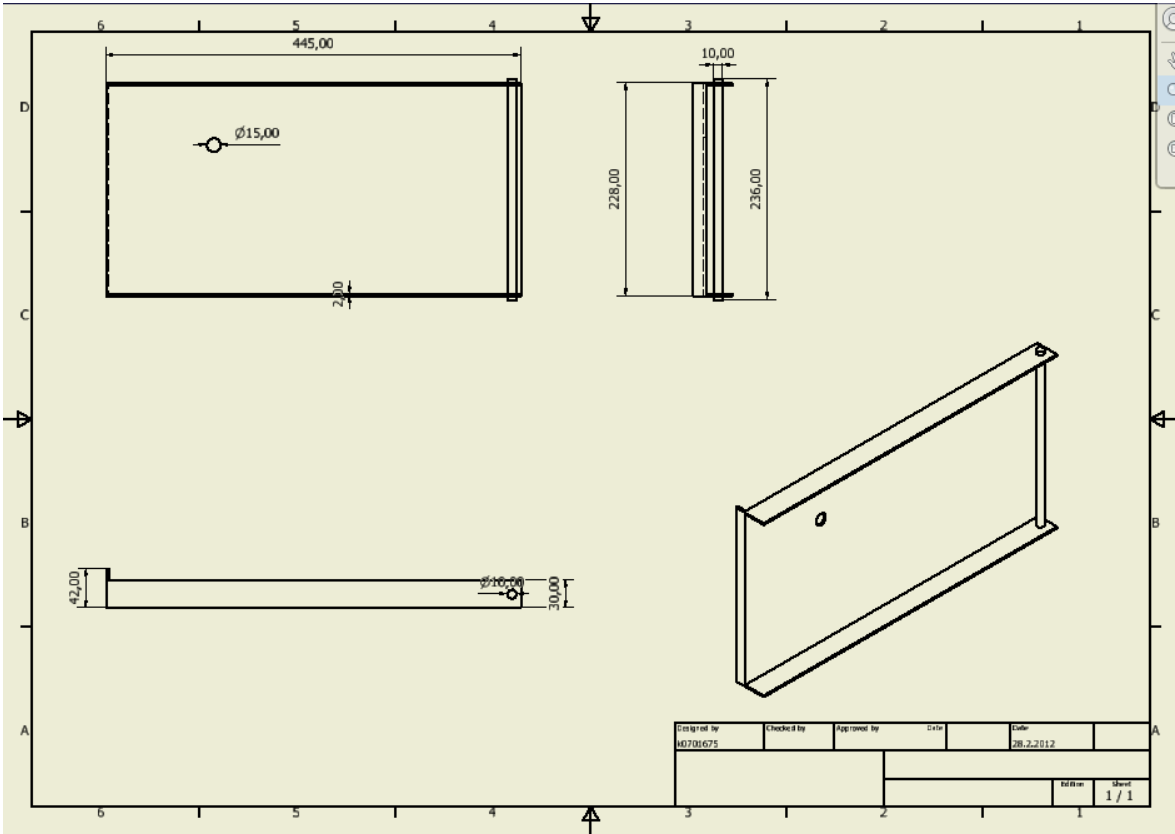
LIITE 10. Altaan piirustus



LIITE 11. SÄILIÖN PIIRUSTUS



LIITE 12. Lukitussysteemi



LIITE 13. Lukitusruuvi

